Физический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Ассоциация студентов-физиков Санкт-Петербургского государственного университета

Математико-механический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Фонд развития физического факультета

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

молодёжной научной конференции «Физика и прогресс»

1- 3 ноября 2005 года

Санкт-Петербург, Петродворец, ул.Ульяновская, д.3

Физический факультет
Санкт-Петербургского государственного университета

Санкт-Петербург
2005

Рабочие органы конференции

Президиум:

декан физического факультета СПбГУ **А. С. Чирцов**;
директор НИИ Физики им.В.А.Фока **Е. И. Рюмцев**;
председатель Ассоциации студентов физиков СПбГУ **Д. Д. Гущин**

Программный комитет:

Секция **«Физика Земли, атмосферы и космоса»**
Сопредседатели: **проф. Всеволод Владимирович Иванов, проф. Николай Михайлович Гаврилов**

Секция **«Теоретическая, математическая и вычислительная физика»**
Председатель: **проф. Валентин Николаевич Островский**

Секция **«Оптика и спектроскопия, лазерная физика»**
Сопредседатели: **проф. Николай Александрович Тимофеев, доц. Юрий Владимирович Чижов**

Секция **«Физика твёрдого тела, новые материалы»**
Председатель: **проф. Александр Петрович Барабан**

Секция **«Ядерная физика и физика частиц»**
Председатель: **проф. Леонид Васильевич Краснов**

Секция **«Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем»**
Председатель: **проф. Николай Викторович Цветков**

Секция **«Прикладные математика и физика»**
Председатель: **доц. Александр Сергеевич Чирцов**

Секция **«Общая физика - Центр ПОИСК»**
Сопредседатели: **доц. Роберт Павлович Колалис, доц. Елена Львовна Лебедева**

Организационный комитет:

В. М. Микушев - председатель;
И. М. Григорьев;
В. В. Рогозина

Организационный комитет Ассоциации студентов-физиков:

Д. А. Деркач - координатор;
И. А. Лакомов;
И. Л. Волков;
А. А. Юрченко;
С. А. Гаврилов;
А. А. Мистонов;
А. О. Гребенюк;
Д. В. Шибаев;
О. Ф. Биченкова

Контакты

E-mail оргкомитета: **studconf@amber.ff.phys.spbu.ru**

Интернет-сайт конференции: **http://www.phys.spbu.ru/conference/**

Телефон/факс для связи: **7 (812) 428-72-00**

Карта-схема Петродворцового учебно-научного комплекса СПбГУ

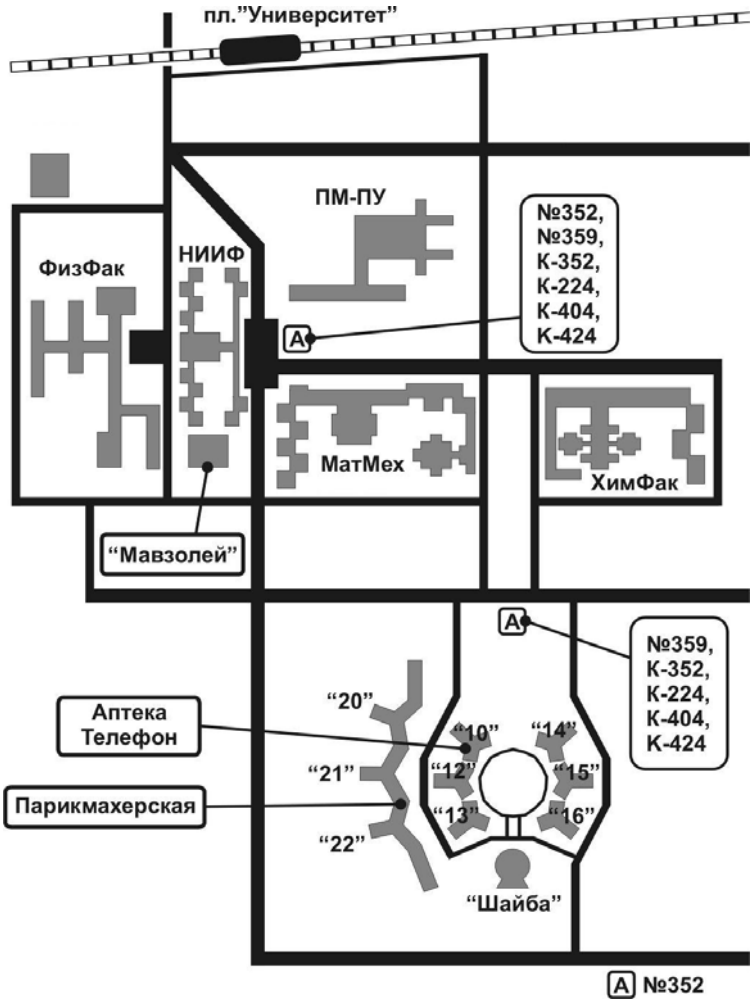
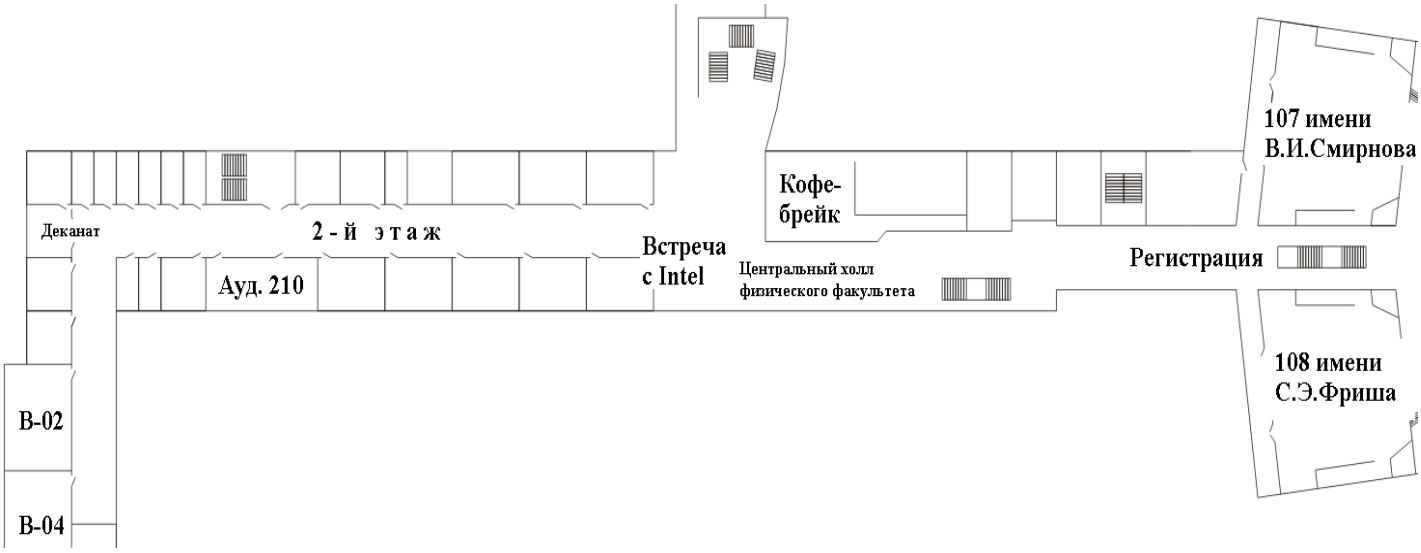


Схема помещений физического факультета СПбГУ



1 ноября 2005 года с 15 до 16 часов в Центральном холле физического факультета **состоится встреча с представителями компании Intel** о возможностях трудоустройства.

	1 ноября 2005 года вторник	2 ноября 2005 года среда	3 ноября 2005 года четверг
9:30 - 11:00	**Регистрация участников конференции** Физический факультет	**Начало в 10:30** **J. Пленарная лекция** проф. КУПЕРИН Юрий Александрович *Методы теории сложных систем в анализе финансовых рынков* Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)	**Экскурсия в Большой Петергофский дворец** Сбор в 9:20 у входа на физический факультет
11:00 - 11:15	**Открытие конференции** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)		
11:15 - 12:00	**A. Пленарная лекция** проф. ШИКИН Александр Михайлович *Использование синхротронного излучения в физике низкоразмерных структур* Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)	**K. Пленарная лекция** проф. ИВАНОВ Всеволод Владимирович *Чёрные дыры в ядрах галактик* Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)	
12:00 - 12:30	Кофе-брейк	Кофе-брейк	
12:30 - 14:30	**B.** Заседание секции **"Прикладные математика и физика"** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая) **C.** Заседание секции **"Физика твёрдого тела, новые материалы"** Аудитория В-02 **D.** Заседание секции **"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"** Аудитория В-04	**L.** Заседание секции **"Оптика и спектроскопия, лазерная физика"** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая) **M.** Заседание секции **"Общая физика - Центр ПОИСК"** Аудитория им.В.И.Смирнова (107ая) **N.** Заседание секции **"Прикладные математика и физика"** Аудитория В-02 **O.** Заседание секции **"Физика Земли, атмосферы и космоса"** Аудитория В-04 и холл около неё для стендов	**R.** Заседание секции **"Теоретическая, математическая и вычислительная физика"** Аудитория В-02 **S.** Заседание секции **"Ядерная физика и физика частиц"** Аудитория В-04 **T.** Заседание секции **"Прикладные математика и физика"** Аудитория 210
14:30 - 16:00	**Обеденный перерыв** **E.** Секция **"Прикладные математика и физика"**: стендовая сессия Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша (108ая) **F.** Секция **"Физика твёрдого тела, новые материалы"**: стендовая сессия Центральный холл второго этажа физического факультета **G.** Секция **"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"**: стендовая сессия Холл у аудитории В-04	**Обеденный перерыв** **P.** Секция **"Оптика и спектроскопия, лазерная физика"**: стендовая сессия Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша (108ая) **Q.** Секция **"Прикладные математика и физика"**: стендовая сессия Центральный холл физического факультета	**Закрытие конференции** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
16:00 - 18:00	**H.** Заседание секции **"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"** Аудитория В-04 **I.** Заседание секции **"Теоретическая, математическая и вычислительная физика"** Аудитория В-02	**Экскурсия по физическому факультету и музею истории физики в СПбГУ** Сбор в 16 часов в Центральном холле физического факультета	

Тезисы докладов участников конференции

A	**ШИКИН Александр Михайлович**	**Использование синхротронного излучения в физике низкоразмерных структур** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая) 1 ноября 2005 года, вторник, 11:15
B	**"Прикладные математика и физика"**	**Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)** **1 ноября 2005 года, вторник, 12:30**
B-01	Шарапов Андрей Ренатович	Построения поверхностей Ферми в 3d случае
B-02	Шапошников Александр Михайлович	Численное решение системы уравнений ионной проводимости
B-03	Федотов Владимир Григорьевич	Трассировка гауссовых пучков в системе линз
B-04	Николаев Петр Олегович	Цифровая обработка изображений
B-05	Кириленко Мария Сергеевна	Осуществление вейвлет-разложения сложных сигналов с применением пакета Wavelet Toolbox
B-06	Чирков Владимир Александрович	Определение параметров квазигармонических сигналов на малой выборке
C	**"Физика твёрдого тела, новые материалы"**	**Аудитория B-02** **1 ноября 2005 года, вторник, 12:30**
C-01	Рябцева Мария Александровна, Булычева Анна Александровна	Влияние восстановительного отжига на электропроводность кристаллов ниобата лития $LiNbO_3$, легированных примесью MgO
C-02	Мошнина Ирина Алексеевна	Отделенные от подложки фотонные кристаллы на основе пористого кремния и цирконата титаната свинца
C-03	Раздольский Илья Эрнстович	Усиление магнитооптического эффекта Фарадея в магнитофотонных микрорезонаторах
C-04	Усачёв Дмитрий Юрьевич, Попов Дмитрий Валериевич	Фотоэлектронная спектроскопия с применением синхротронного излучения для исследования поверхностных наноструктур
C-05	Сеньковский Борис Владимирович	Формирование квантовых электронных состояний в тонких пленках
C-06	Рыбкин Артем Геннадиевич	Влияние межфазовой границы на электронную структуру и строение напыленных тонких пленок и кластеров Ag, Au на чистую и окисленную поверхность Ni(755)
D	**"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"**	**Аудитория B-04** **1 ноября 2005 года, вторник, 12:30**
D-01	Дятел Елена Васильевна	Взаимодействие ДНК с соединениями ксантонового ряда
D-02	Губарев Александр Сергеевич, Зайцева И. И.	Электростатические взаимодействия в макромолекулах и размеры цепей сульфатированных полиэлектролитов
D-03	Тамбовцев Кирилл Сергеевич	Электрофизические свойства полианилиновых слоев
D-04	Орешников Андрей Владимирович	Динамические свойства ассоциирующих полимеров в растворах
D-05	Мухин Дмитрий Алексеевич	Изучение взаимодействия высокомолекулярной ДНК с синтетическими поликатионами в растворе
D-06	Беляев Николай Викторович	Конформации, полярность и электрооптические свойства полиэфирных дендронов
E	**"Прикладные математика и физика": стендовая сессия**	**Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша (108ая)** **1 ноября 2005 года, вторник, 14:30**
E-01	Мельников Павел Анатольевич	Экспериментальное изучение параметрических резонансных возбуждении конвекции жидкости и газе в переменном силовом поле
E-02	Сердитов Константин Юрьевич	Моделирование импульсного индуктивно-связанного разряда с дополнительным балластным объемом
E-03	Короткова Юлия Владимировна	Фазово-растровые маски для оптической литографии

E-04	Шатрова Евгения Фотеевна	Экспериментальное исследование дрейфа шаров во вращающейся жидкости
E-05	Белоглазова Светлана Владимировна	Фотокаталитические свойства TiO_{2-x} в области несобственного поглощения
E-06	Матвеева Ольга Андреевна, Керницкий Игорь Богданович	Использование исходных кодов Fortran в физических программах, написанных на других языках программирования
E-07	Левантовский Александр Александрович	Программа для демонстрации прямого и обратного дискретного преобразования Фурье
E-08	Кадочников Михаил Алексеевич	Структура электромагнитного поля в сферическом диэлектрическом резонаторе при воздействии плоской электромагнитной волны
E-09	Захаров Михаил Юрьевич	Использование языка высокого уровня Visual Basic 6.0 для быстрой разработки приложений при решении задачи автоматизации эксперимента
E-10	Завьялов Николай Николаевич	Исследование термических сопротивлений современных керамических блоков
E-11	Паршина Виктория Львовна	Использование последовательности радиочастотных импульсов в ядерной магнитной томографии для выделения слоя
E-12	Лаврентьев Владимир Федорович	Разработка и изготовление установки фотокаталитической очистки воды непрерывного действия

F	**"Физика твёрдого тела, новые материалы": стендовая сессия**	**Центральный холл второго этажа физического факультета 1 ноября 2005 года, вторник, 14:30**
F-01	Висман Михаил Борисович	Исследование квантовых состояний в тонкой пленке Ag на W(100)
F-02	Дементьев Петр Александрович	Толщина и форма слоя окисла на зеркалах лазерных гетеростуктур $GaSb/Ga_{0.1}Al_{0.9}SbAs/GaInAsSb$ в местах выхода слоев богатых Al
F-03	Загребин Михаил Александрович	Влияние взаимодействия деформационного и модуляционного параметров порядка на фазовую диаграмму сплавов Гейслера Ni-Mn-Ga с эффектом памяти формы
F-04	Кожакина Ирина Федоровна	Рамановское рассеяние на полярных колебаниях в нанокристаллах
F-05	Лазаренко Дмитрий Михайлович	Моделирование фотоэмиссии из широкозонных материалов методом Монте-Карло
F-06	Соколов Андрей Александрович	Исследование нанослоев HfO_2 и Al_2O_3 методом рентгеновской рефлектометрии
F-07	Сурменев Роман Анатольевич, Козельская Анна Ивановна	Получение биосовместимых покрытий на материалах медицинских имплантатов методом магнетронного распыления
F-08	Шибинский Николай Анатольевич	Исследование микротопографии поверхностных структур методом сканирующей туннельной микроскопии

G	**"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем": стендовая сессия**	**Холл у аудитории В-04 1 ноября 2005 года, вторник, 14:30**
G-01	Богданов Андрей Александрович	Взаимодействие нового производного папаверина с молекулой ДНК в растворе
G-02	Боричев Александр Владимирович	Компьютерное моделирование процесса мицеллообразования в водном растворе нонаноата натрия
G-03	Голуненко Максим Михайлович, Дрибинский Борис Аркадьевич	Исследование комплексообразования соединений платины с молекулой ДНК
G-04	Добрун Лилия Александровна	Методы анализа временной зависимости электрического двойного лучепреломления в растворах полимеров
G-05	Иванов Александр Вячеславович	Рассеяние света растворами полиэлектролитов
G-06	Котина Ирина Леонидовна	Рефракция света в холестерических жидких кристаллах.
G-07	Кудрявцева Татьяна Михайловна	Электрические и динамические свойства дендритных полимеров в разбавленных растворах

G-08	Лутиков Михаил Владимирович	Исследование колончатых β-циклодекстринов в водных растворах
G-09	Могучева Юлия Геннадьевна, Носова Ольга Владимировна	Сравнительное изучение свойств свободной ДНК и ее комплексов с красителем в обычной и тяжелой воде
G-10	Носова Ольга Владимировна, Могучева Юлия Геннадьевна, Задворкина Татьяна Викторовна	Влияние анионов неорганических и органических солей на свойства молекулы поли-N-винилкапролактама в водных растворах
G-11	Перевязко И. Ю.	Взаимодействие молекулы ДНК с двухвалентными ионами металлов в спирто-водных растворах
G-12	Хлябич Петр Петрович	Физические свойства фуллеренсодержащих полимеров на примере полистрола, модифицированного C_{60}

H	**"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"**	**Аудитория В-04** **1 ноября 2005 года, вторник, 16:00**
H-01	Ершов Дмитрий Сергеевич	Изучение радиопротекторных свойств катехина в водно-солевых растворах ДНК
H-02	Матвеева Ирина Николаевна, Байтуха Алиби Женатович	Электрооптика сульфированного полистирола в толуоле и хлороформе
H-03	Треногин Андрей Викторович	Термофоретическое движение заряженной коллоидной частицы в растворе электролита
H-04	Шебаршин Алексей Васильевич	Исследование ячейки сегнетоэлектрического жидкого кристалла методом генерации второй и третьей оптических гармоник
H-05	Муртазина Татьяна Михайловна	Расчет стекинг-димера аденина полуэмпирическими и неэмпирическими методами
H-06	Дрибинский Борис Аркадьевич	Исследование комплексов молекулы ДНК с полилизином

I	**Теоретическая, математическая и вычислительная физика"**	**Аудитория В-02** **1 ноября 2005 года, вторник, 16:00**
I-01	Тронько Наталия Юрьевна	Абсолютная непрерывность спектра оператора Дирака в слое
I-02	Яковлев Александр Сергеевич	Представление дифференциальных операторов в базисе вэйвлетов
I-03	Валиневич Павел Анатольевич	Новые квази-точно решаемые модели двумерной суперсимметричной квантовой механики
I-04	Волков Михаил Валериевич	Точные результаты для вероятностей переходов в обобщенной модели Ландау-Зинера
I-05	Шибаев Дмитрий Валерьевич	Регулярность движения электрона в ридберговском атоме с некулоновским полем остова в скрещенных электрических и магнитных полях

J	**Yuri A. KUPERIN**	**Methods of Complex Systems Theory in Financial Markets Study** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая) 2 ноября 2005 года, среда, 10:30
K	**ИВАНОВ Всеволод Владимирович**	**Черные дыры в ядрах галактик** Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая) 2 ноября 2005 года, среда, 11:15

L	**"Оптика и спектроскопия, лазерная физика"**	**Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)** **2 ноября 2005 года, среда, 12:30**
L-01	Кириленко Демид Александрович	Кинетическое описание прикатодной области тлеющего разряда
L-02	Никулина Елена Александровна	Ионизационный баланс в тлеющем разряде в аргоне
L-03	Хоронжук Роман Сергеевич, Панин Алексей Олегович	Исследование газодинамических процессов при пробое воздуха лазером пикосекундного диапазона

L-04	Кытманов Антон Валерьевич	Восстановление положения точечного источника с помощью кодовой δ-голограммы
L-05	Сивков Данил Викторович	Силы осцилляторов вибрационных переходов в 1*s*–спектре поглощения молекулы азота
L-06	Резикян Арам Григорович	Атомная линза. Электронная микроскопия сверхвысокого разрешения. Визуализация объектов атомного масштаба
L-07	Шарова Ирина Сергеевна	Визуализация ИК излучения на основе халькогенидных стекол систем Ga-Ge-S:Er^{3+} и Ga-Ge-Si-S:Er^{3+}
L-08	Шарков Иван Георгиевич	Нейтронная голография, как инструмент исследования локальной структуры вещества.

M	**"Общая физика - Центр ПОИСК"**	**Аудитория им.В.И.Смирнова (107ая)** **2 ноября 2005 года, среда, 12:30**
M-01	Martchenko Ilya	Formation of Liesegang rings: The physical aspects for the cases of translational and radial diffusion
M-02	Yamshchikov Ivan	The ball spin
M-03	Valkovsky Mikhail	Optical tunneling
M-04	Uskov Andrey	Circular hydraulic jumps in liquids with various viscosities
M-05	Zhelezov Dmitry	The Kundt's tube
M-06	Lunev Arseny	The Brasil nut effect
M-07	Martchenko Ilya	The qualitative study of Devaux's phenomenon
M-08	Valkovsky Mikhail	Mirage
M-09	Rusanov Artem	Physical models for electrostatic motors

N	**"Прикладные математика и физика"**	**Аудитория B-02** **2 ноября 2005 года, среда, 12:30**
N-01	Бадьина Алия Федоровна	Применение нейротехнологий для построения прибыльной торговой стратегии на российском фондовом рынке
N-02	Валиневич Павел Анатольевич	Использование модифицированной мультифрактальной модели MMAR для прогнозирования волатильности финансовых временных рядов
N-03 (Q-08)	Гольдин Павел Борисович	Аналитические результаты для оценки опционов со стохастической волатильностью
N-04 (Q-05)	Князева Ирина Сергеевна	Применение карт Кохонена к анализу фондового рынка США
N-05	Лобанов Юрий Сергеевич	Кластеризация и рейтингование американских паевых инвестиционных фондов с использованием нейронных сетей Кохонена
N-06	Нечаев Александр Васильевич	Применение мультифрактального анализа в исследовании российского фондового рынка
N-07	Подузов Сергей Валерьевич Кузнецов Александр Михайлович	Система портфельного управления ценными бумагами с использованием искусственных нейронных сетей
N-08 (Q-06)	Федотов Александр Юрьевич	Исследование методов нейросетевого прогнозирования финансовых временных рядов и построение на этой основе торговой стратегии
N-09 (Q-07)	Шалагинов Евгений Алексеевич	Прогнозирование волатильности финансовых данных с помощью мультифрактальной модели MSM
N-10	Шестакова Ксения Юрьевна	Анализ временных рядов на основе пакета TISEAN

O	**"Физика Земли, атмосферы и космоса": стендовые доклады с устными комментариями**	**Аудитория B-04 и холл около неё для стендов** **2 ноября 2005 года, среда, 12:30**
O-01	Алексеев Дмитрий Сергеевич	Солнечная корона и геомагнитная активность
O-02	Бажанов Антон Андреевич	Эволюция магнитного поля на Солнце
O-03	Балуев Роман Владимирович	Планетные системы звёзд, подобных Солнцу: к чему привели десять лет открытий?
O-04	Васильев Николай Львович	Сравнение методов полной и редуцированной корреляционной функции применительно к анализу данных каталога 2dFGRS

О-05	Дементьев Андрей Викторович	О критических параметрах релятивистского белого карлика
О-06	Захаров Евгений Осипович	Неустойчивость Паркера как причина образования сверхоблаков.
О-07	Иванов Никита Александрович	Экспериментальное исследование резонансного механизма конвекции.
О-08	Коровинский Даниил Борисович	Теоретическая модель стационарного пересоединения в токовом слое конечной толщины в МГД-приближении
О-09	Кочеров Андрей Валерьевич	Влияние турбулентного давления на коллапс протозвёздных облаков
О-10	Кудин Александр Николаевич	Расчет скейлинга электропроводности методом случайных блужданий
О-11	Лемешев Виктор Сергеевич	Разрушение гигантских молекулярных облаков зонами H II молодых массивных звёзд
О-12	Манучарова Татьяна Юрьевна	Усовершенствование методики лучевой сейсмотомографии при учете ширины зоны Френеля.
О-13	Меркулова Ольга Алексеевна	Исследование пекулярной галактики A0323-0430
О-14	Мильченко Юрий Анатольевич	Процессы, определяющие эволюцию спектра излучения во Вселенной в эпоху радиационно доминированной плазмы
О-15	Нестеренко Роман Сергеевич	Стационарная релятивистская сферическая аккреция на невращающуюся черную дыру
О-16	Осокин Андрей Георгиевич	Влияние вибраций на конвекцию в вертикальном слое жидкости.
О-17	Смирнова Татьяна Сергеевна	Метод определения пересоединившегося потока в хвосте магнитосферы по вариациям магнитного поля, измеренных на спутниках
О-18	Трофимов Дмитрий Александрович	Связь геомагнитной активности с неравномерностями вращательного движения Земли
О-19	Фетисов Сергей Анатольевич	DGPS с использованием систем мобильной связи
О-20	Шапиро Анна Владимировна	Мониторинг блазара AO 0235+164
О-21	Яковицкая Ирина Викторовна	Связь скейлинговых характеристик магнитосферных УНЧ-излучений с уровнем геомагнитной активности по данным обсерватории Гуам
О-22	Будник Алексей Игоревич	Топология гелиосферного токового слоя

Р	**"Оптика и спектроскопия, лазерная физика": стендовая сессия**	**Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша (108ая) 2 ноября 2005 года, среда, 14:30**
Р-01	Абрамкин Дмитрий Александрович, Зонов Илья Сергеевич	Экспериментальное исследование фотостимулированных процессов с участием метана и аммиака на поверхности $MgAl_2O_4$
Р-02	Брыкалова Ксения Олеговна	Резонансы формы в спектрах фотоэмисси из молекулярных кластеров SF_6 вблизи S 2p порога ионизации
Р-03	Быков Николай Александрович	Анализ кинетики термопрограммируемого адсорбционно-десорбционного процесса
Р-04	Геннадьев Николай Александрович	Форма ИК полос OCS в газовых смесях при высоких давлениях
Р-05	Грушина Наталья В	Расчет пороговых характеристик ВРМБ-зеркал с различными типами обратной связи в импульсном режиме
Р-06	Джалалова Ирина Александровна	Электрокинетические параметры плазмы разряда в смеси воздух-метан
Р-07	Ivanova Yana Vladimirovna	‘‘Bucky ferrocenes”: DFT study of structural, electronic and optical properties.
Р-08	Wang Jue	Interference of ultrashort pulses
Р-09	Кашкаров Максим Александрович	Эффективный коэффициент вторичной эмиссии на катоде тлеющего разряда
Р-10	Князев Григорий Алексеевич	Акустооптические системы фильтрации с улучшенным спектральным разрешением
Р-11	Кузянова Екатерина Викторовна	Квантово-химические расчеты оптических спектров поглощения линейных полиеновых цепей методом TDDFT
Р-12	Луковкина Дарья Дмитриевна	Исследование спектроскопических параметров халькогенидных стёкол системы Ga-Ge-S:Nd^{3+}.

P-13	Павлова Марина Владимировна	Механизмы генерации второй гармоники в кристаллах с регулярной доменной структурой
P-14	Полякова Елена Игоревна	Анализ спектров комбинационного рассеяния в плёнках аморфно-кристаллического кремния методом квантового конфаймента фононов
P-15	Сердобинцева Анастасия Павловна	Экспериментальное исследование дифракции широкополосного излучения на щели
P-16	Сидорова Лариса Владимировна	Работа интерферометра Фабри-Перо в импульсном режиме
P-17	Трушкова Ульяна Витальевна	Халькогенидные полупроводниковые стекла как носители информации
P-18	Умрихин Иван Сергеевич.	Эмпирическое определение энергии ровибронных уровней триплетных состояний молекулы дейтерия.
P-19	Хилькевич Наталья Валерьевна	Определение давления и спектральных характеристик мономера HF из спектра поглощения смеси D_2O/HF в газовой фазе
P-20	Хомченко Н В	Моделирование УФ-окрашивания дисперсных широкощелевых твердых тел при фотоадсорбции простых молекул в приближении Ленгмюра-Хиншельвуда.
P-21	Череватова Анна Николаевна	Проявление резонансного диполь – дипольного взаимодействия молекул CF_4 в спектре низкотемпературной матрицы
P-22	Шувалов Виктор Михайлович	Исследование квазиколлинеарных акустооптических фильтров на кристаллах парателлурита и каломели

Q	**"Прикладные математика и физика": стендовая сессия**	**Центральный холл физического факультета 2 ноября 2005 года, среда, 14:30**
Q-01	Воинов Александр Сергеевич, Зарядов Юрий Алексеевич	Моделирование униполярного коронного разряда с учетом диэлектрических вставок
Q-02	Глущенко Пётр Владимирович	Исследование струйного вытекания жидкости через щель в плоской стенке
Q-03	Лисняк Марина Владимировна	Контактные задачи (КЗ) в среде ANSYS
Q-04	Петрушенко Иван Николаевич	Исследование распространения упругих волн в сложных конструкциях
Q-05 (N-04)	Князева Ирина Сергеевна	Применение карт Кохонена к анализу фондового рынка США
Q-06 (N-08)	Федотов Александр Юрьевич	Исследование методов нейросетевого прогнозирования финансовых временных рядов и построение на этой основе торговой стратегии
Q-07 (N-09)	Шалагинов Евгений Алексеевич	Прогнозирование волатильности финансовых данных с помощью мультифрактальной модели MSM
Q-08 (N-03)	Гольдин Павел Борисович	Аналитические результаты для оценки опционов со стохастической волатильностью

R	**"Теоретическая, математическая и вычислительная физика"**	**Аудитория B-02 3 ноября 2005 года, четверг, 12:30**
R-01	Рясиченко Павел Дмитриевич	Спиновая цепочка, связанная с квантовой супералгеброй $sl_q(1\|1)$
R-02	Кытманов Антон Валерьевич	Импульсный метод в задаче излучения полуплоскости
R-03	Яцышин Петр Игоревич	Роль многоэлектронных эффектов в резонансном фотопоглощении отрицательного иона Na^- около порога ионизации внутренней $2p$-оболочки
R-04	Головко Ольга Алексеевна	Эффект несохранения четности в атоме цезия
R-05	Кожедуб Юрий Сергеевич	Электрический квадрупольный момент водородоподобного атома в ns и $np_{1/2}$ состояниях
R-06	Батурин Станислав Сергеевич	Теоретический расчет уровней тяжелых антипротонных и мюонных атомов в рамках квантовой электродинамики
R-07	Майорова Анна Владимировна	Квантовоэлектродинамический расчет особенностей дифференциального сечения рассеяния антипротона на тяжелом ядре при рассеянии назад
R-08	Пригоровский Александр Владимирович	Расчет собственной энергии электрона в многозарядных ионах

S	**"Ядерная физика и физика частиц"**	**Аудитория В-04** **3 ноября 2005 года, четверг, 12:30**
S-01	Алиханов Ибрагим Алиевич	Поперечная поляризация Λ гиперонов в реакции квазиреального фоторождения при высоких энергиях: модель рассеяния s-кварка
S-02	Вулфс Татьяна Олгертовна	Разработка методов выделения $\pi\pi \to KK$, ($\pi a_1 \to KK$) амплитуд
S-03	Горбань Дарья Александровна	Исследование и оптимизация схемы оптического делителя для многопучкового диэлектрического кильватерного ускорения электронных сгустков
S-04	Деркач Денис Александрович	Описание протон-(анти)протонных столкновений с помощью модифицированной модели мультипомеронного обмена
S-05	Гребенюк Анастасия Олеговна	Образование тяжёлых кварков на LHC и Tevatron. Моделирование BFKL эффектов с помощью Монте-Карло генератора HARDPING
S-06	Кузьминчук Наталья Александровна	Торможение релятивистских тяжелых ионов веществе
S-07	Хуягбаатар Жадамбаа	Исследование остаточной радиоактивности в поглотителе установки SHIP

T	**"Прикладные математика и физика"**	**Аудитория 210** **3 ноября 2005 года, четверг, 12:30**
T-01	Зубков Михаил Александрович	Обработка МРТ изображений с помощью вейвлет преобразований
T-02	Баранова Екатерина Андреевна	Исследование транспорта электрического заряда в локальном микро-контакте «металл - проводящая жидкость»
T-03	Дерновский Вячеслав Львович	Влияние размеров межэлектродного промежутка на кинематику электрогидродинамических течений
T-04	Бугаев Владимир Алексеевич	Численное решение задачи о прохождении тока через электроды с учетом Джоулева нагрева
T-05	Вострикова Анна Николаевна	Анализ акустооптического взаимодействия в ячейках с преобразователями в виде фазированной решетки излучателей

А. Пленарная лекция

Использование синхротронного излучения в физике низкоразмерных структур

профессор Александр Михайлович ШИКИН
кафедра электроники твёрдого тела, физический факультет СПбГУ

Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
1 ноября 2005 года, вторник, 11:15

В. Заседание секции

"Прикладные математика и физика"

Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
1 ноября 2005 года, вторник, 12:30

Построения поверхностей Ферми в 3d случае

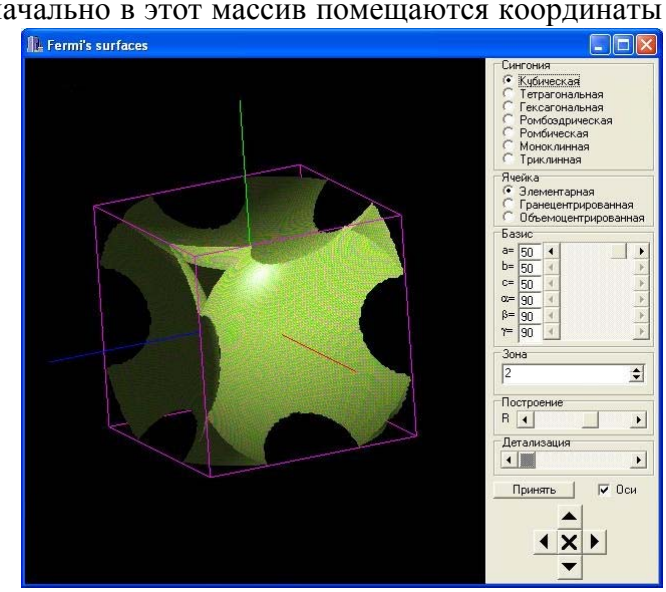
Шарапов Андрей Ренатович

Научный руководитель: Смородин Борис Леонидович, д-р. физ.-мат. наук, профессор физического факультета Пермского государственного университета

Создан программный продукт, позволяющий строить и изображать на экране компьютера поверхности Ферми в трехмерном случае. Возможности программы позволяют строить поверхности Ферми для множества кристаллических решеток, в различных зонах Бриллюэна.

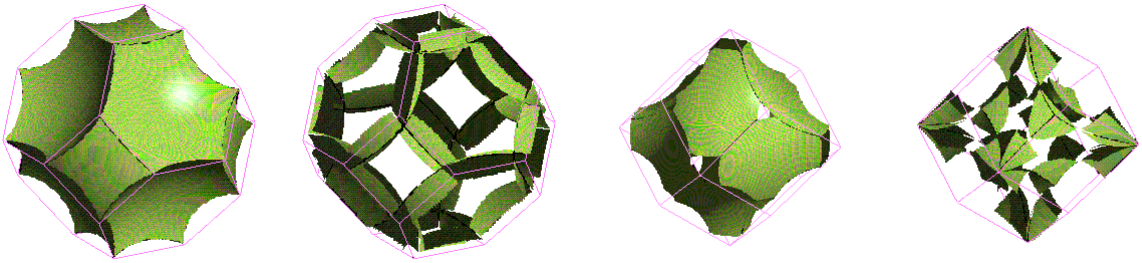
Программа реализована на языке C++ с использованием инструкций OpenGL в среде разработки Borland C++ Builder. Формирование трехмерного изображения с помощью инструкций OpenGL [1] позволяет добиться высокого качества изображения и производительности на большинстве современных компьютеров.

Для построения поверхностей Ферми, в программе используется метод Гаррисона (при этом не учитывается деформация поверхности вблизи брегговских плоскостей). Координаты всех точек поверхности хранятся в массиве. Изначально в этот массив помещаются координаты точек сферы заданного радиуса (сферы Ферми). Затем, из этого массива удаляются все точки, не принадлежащие данной зоне Бриллюэна. Оставшиеся точки транслируются на базисные вектора обратной решетки в первую зону Бриллюэна. Для определения принадлежности данной точки требуемой зоне Бриллюэна, согласно методике [2], рассчитывается число узлов обратной решетки, находящихся внутри сферы с центром в данной точке и радиусом, равным расстоянию от данной точки до начала координат. Количество этих узлов, увеличенное на один, равняется номеру зоны Бриллюэна.



Интерфейс программы представлен на рисунке.

Изображение поверхности Ферми можно поворачивать, вокруг двух собственных осей. Поверхности Ферми во второй и третьей зонах Бриллюэна для ГЦ (два изображения слева) и ОЦ кубических решеток (два изображения справа), полученных с помощью данной программы, приведены на рисунках.



[1] OpenGL - The Industry's Foundation for High Performance Graphics // http://www.opengl.org/

[2] Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела, с.138 , М.: Мир, (1979).

Численное решение системы уравнений ионной проводимости

Шапошников Александр Михайлович

Научный руководитель: Стишков Юрий Константинович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Система, описывающая процессы токопрохождения в жидких диэлектриках в общем случае состоит из следующих уравнений: закон сохранения заряда, уравнение для парциальных плотностей токов в виде суммы миграционной, диффузионной и конвективной компонент, уравнение Остроградского-Гаусса, уравнение Навье-Стокса с кулоновскими сторонними силами, уравнение неразрывности. В законе сохранения заряда необходимо учесть конкретный механизм ионообразования. Система уравнений проводимости слабопроводящих диэлектриков является существенно нелинейной, поэтому возникает необходимость решения нелинейных уравнений в определенных приближениях.

В данной работе рассматривается слабопроводящая двухкомпонентная среда, помещенная между двумя плоскопараллельными электродами, к которым приложена разность потенциалов. Рассматривается одномерный гидростатический случай, таким образом, все переменные зависят только от одной пространственной координаты. Носителями заряда являются два иона с различными подвижностями. Диссоциация ионов происходит под действием электрического поля по закону Вина. С учетом предположений система переходит в уравнения ионной проводимости. В качестве граничных условий задачи рассматриваются значения потенциалов и процессы образования и гибели ионов на электродах, причем учитывается зависимость скорости ионообразования от напряженности поля на границе электрод-жидкость. Начальным условием является начальная концентрация ионов в жидкости. Численный алгоритм для решения нестационарной задачи реализован в среде MATLAB, что дает возможность достаточно просто обрабатывать полученные результаты, используя весь аппарат MATLAB. Данная система дифференциальных уравнений в частных производных записывается в виде системы разностных уравнений (используется неявная по времени разностная схема). Для их решения применяется метод скалярной прогонки, критерием окончания счета является выход решения на стационар. Входными данными в программе являются: диэлектрическая проницаемость среды, расстояние между электродами, шаг по времени, критерий сходимости, разность потенциалов, подвижности ионов, низковольтная проводимость среды, коэффициенты диссоциации и рекомбинации, а также коэффициенты рождения и гибели для всех ионов. Для повышения точности вычислений в областях большого градиента искомых функции используется неравномерная сетка (размер элемента экспоненциально возрастает при удалении от электродов). Это позволяет рассчитывать задачи с коэффициентами рождения и гибели ионов, изменяющимися в широких пределах. В результате работы программы рассчитываются распределения концентраций ионов и распределение напряженности электрического поля между электродами в зависимости от времени. С помощью данной программы были рассчитаны задачи с различными коэффициентами рождения и гибели ионов, а также с их различными подвижностями. Таким образом, стало возможным изучать характер распределения концентраций ионов в двухкомпонентной системе при разных условиях задачи.

Трассировка гауссовых пучков в системе линз

Федотов Владимир Григорьевич

Научный руководитель: Чирцов Александр Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

В современной физике существенную роль играют лазеры. Наиболее близкое, допускаемое дифракцией, приближение к параллельному пучку света с ограниченным поперечным сечением представляет собой гауссов пучок. Таким образом, исследование закономерностей поведения гауссовых пучков в различных оптических системах чрезвычайно важно для исследования процессов в лазерных резонаторах.

В данной работе синтезирован алгоритм, позволяющий моделировать прохождение гауссова пучка через систему линз. Расчет гауссовых пучков производится в матричном приближении. Также создан базовый фрагмент программы, реализующий данный алгоритм.

В работе создан лексический анализатор, которой производит построение модели, используемой указанным выше движком. Лексический анализатор производит построение модели на основе текстовой программы, которая считывается из файла на диске.

Создана графическая оболочка, позволяющая наглядно отображать результаты работы указанного выше движка. Графическая оболочка обладает возможностями настройки вида выводимого изображения (в том числе, возможностью масштабирования) и позволяет сохранять полученные изображения в виде графических файлов.

Литература:

1. Бутиков Е.И. Оптика: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов. 2-е изд. СПб., “Невский диалект”, 2003.
2. Физическая энциклопедия. М., “Советская энциклопедия”, 1988.

Цифровая обработка изображений

Николаев Петр Олегович

Научный руководитель: Павлейно Михаил Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент физического факультета СПбГУ

Развитие компьютерных технологий и внедрение высокотехнологичных цифровых устройств в повседневную жизнь позволило подойти к проблеме получения и обработки информации с новых позиций. Эта проблема является особенно важной для специалистов, деятельность которых связанна с данными, которые требуют первоначального анализа и используются в дальнейших расчетах. Существует целый класс программ, основной задачей которых является обработка оцифрованных изображений, звуковых файлов и других видов информации. Для облегчения работы с экспериментальными данными и их дальнейшего использования в расчетах, удобно организовать связь таких программ с математическими пакетами, способными воспринимать обработанную информацию и проводить необходимые статистические операции. Стоит отметить, что данный подход наряду с неоспоримыми преимуществами обладает и отрицательными сторонами, а именно, высокой стоимостью каждого из программных продуктов и необходимостью наличия высокого уровня знаний по каждому из них. Однако существуют и альтернативные способы решения подобных задач: использование математических пакетов, предоставляющих возможности полного анализа полученной информации, начиная с ее первоначальной обработки и, заканчивая возможностью манипуляции ею.

Такой подход продемонстрирован на примере пакета MATLAB и его возможностях по цифровой обработке изображений, основанной на Image Processing Toolbox. Результатом этого подхода является программа обработки экспериментальных данных, полученных в ходе лабораторной работы «Длинная линия», входящей в перечень обязательных радиоэлектронных лабораторных работ на физическом факультете. Данная программа позволяет получить измеряемые в ходе эксперимента величины на основе оцифрованного изображения и, используя всю мощь математического пакета MATLAB, проводить над полученными данными необходимые операции.

В ходе лабораторной работы «Длинная линия» изучается процесс распространения волн в двухпроводной линии передачи. Параметры выходного сигнала определяются теоретически на основании спектрального метода, примененного к входному сигналу. В ходе эксперимента, параметры сигнала снимаются «на глаз» с изображения выходного сигнала, получаемого на осциллографе. Точность полученных результатов не всегда является удовлетворительной, а способ их получения удобным. Использование программы цифровой обработки позволяет подробно изучать полученные изображения, определять параметры сигнала и предоставляет возможность обрабатывать полученные результаты непосредственно в пакете MATLAB.

Литература:

Сергиенко А.Б. «Цифровая обработка сигналов»: СПб, «Питер», 2006 г., 752 с.

Осуществление вейвлет-разложения сложных сигналов с применением пакета Wavelet Toolbox

Кириленко Мария Сергеевна

Научный руководитель: Пинегин Александр Николаевич, к.ф.-м.н., доцент физического факультета СПбГУ.

Вейвлеты – это обобщенное название временных функций, имеющих вид волновых пакетов той или иной формы, локализованных по оси переменной времени t и способных к сдвигу по ней и масштабированию (сжатию/растяжению). Вейвлеты создаются с помощью специальных базовых функций, задающих их вид и свойства. В сущности, вейвлеты – это новый базис приближения функций и сигналов произвольной формы.

Благодаря прекрасному распознаванию локальных особенностей сигналов, отсутствующему у рядов Фурье, и множеству разновидностей этих функций, вейвлеты нашли практическое применение для анализа тонких особенностей сложных сигналов и изображений, для их сжатия и удаления шумов. В основе большинства алгоритмов вейвлет-обработки сигналов лежит одномерное непрерывное вейвлет-преобразование сигналов.

Пакет Wavelet Toolbox, входящий в MATLAB, имеет специальные средства для построения спектрограмм сигналов, синтезированных вейвлетами. Эти спектрограммы представляют значения коэффициентов вейвлетов в плоскости масштаб (номера коэффициентов) – время, что дает возможность понять структуру сигнала.

В работе решен ряд задач по разложению сигналов с помощью одномерного непрерывного вейвлет-преобразования, преобразования Фурье, проведен анализ результатов, полученных этими двумя способами. Рассматриваются сигналы вида:

· сумма синусов с разными частотами
· сумма косинусов с разными частотами
· сигнал, претерпевающий мгновенное изменение частоты
· сигнал, представленный косинусом с плавно меняющейся частотой
· синусоида с малыми разрывами
· сигналы, полученные при распространении радиоволн в ионосфере.
· кардиосигналы, зарегистрированные в ходе медицинских экспериментов в Военно-медицинской академии.

Основные результаты, полученные в работе:

1. Анализ гармонических сигналов наиболее эффективен при использовании материнского вейвлета типа Morlet, т.к. этот вейвлет имеет ярко выраженную центральную частоту.
2. Гармонические сигналы с меняющейся частотой лучше всего анализируются с вейвлетом типа Mexihat, как наиболее чувствительным к мгновенным изменениям частоты.
3. При анализе гармонических сигналов с малыми разрывами вейвлет-анализ особенно эффективен. Он позволяет выделять участки разрывов с относительным изменением амплитуды порядка 10^{-3}.
4. Вейвлет-анализ очень эффективен также при анализе свойств сигналов, распространяющихся в ионосфере. С помощью вейвлет-преобразования в работе было выяснено, в какое время сигнал исчезает и появляется снова, также отслежены изменения амплитуды сигнала и его частоты. Это дает информацию о локальных особенностях ионосферной плазмы в области отражения поля.
5. Вейвлет-разложение кардиосигналов проводилось многоуровневым методом в базисе функций Добечи. Традиционно используются статистические методы. Сравнивая характеристики для разных кардиосигналов, делают вывод о наличии патологических явлений. Проводилось разложение сигнала до определенного уровня, были найдены коэффициенты разложения, которые отражают особенности характеристик кардиосигнала. Дополнительно проводился их Фурье-анализ, в результате получен инструмент детального сопоставления кардиограмм здоровых и больных пациентов. Это будет предметом дальнейших исследований.

Определение параметров квазигармонических сигналов на малой выборке

Чирков Владимир Александрович

Научный руководитель: Павлейно Михаил Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент физического факультета СПбГУ

Измерение числовых параметров является одним из основных составляющих анализа сигналов. Знание основных параметров позволяет сравнивать свойства различных сигналов, выявлять их сходства и различия. Умение определять главные характеристики в реальном времени дает возможность прослеживать изменения характерных величин с течением времени. Для гармонических и квазигармонических сигналов основными параметрами являются частота, фаза, а также амплитуда основной гармоники. Определение числовых параметров сигналов с высокой точностью и за минимальное время необходимо при разработке систем защиты от сбоев в питании и аварий, которые характеризуются быстрым (за время 1-2 отсчета) изменением амплитуды и фазы (и, возможно, частоты).

Для исследования квазигармонических сигналов разрабатываемый алгоритм должен быть устойчив к наличию в сигнале высших гармоник с меньшими амплитудами и к наличию шумов. Наиболее существенным требованием к методу анализа является условие минимальности длины выборки для измерения. Оно диктуется необходимостью минимизации времени реакции системы защиты на аварию. Величина выборки не должна превышать 2 периодов.

Для моделирования и расчета параметров гармонического сигнала использовалась система визуального моделирования SIMULINK пакета MatLab и, в частности, Signal Processing Blockset. Библиотека модулей в SIMULINK обладает большим набором блоков, позволяющих генерировать различные виды сигналов и их комбинации, шум, производить операции над сигналом, а также добавлять модули цифровых фильтров. Возможность задания различных параметров сигналов и шума в рамках одной модели позволяет легко проверить качество работы алгоритмов для разных условий. При наличии АЦП разработанные Simulink-схемы могут использоваться для определения параметров аналогового квазигармонического сигнала.

Метод определения параметров квазигармонического сигнала основан на признаке синусоидальности для равноотстоящих по абсциссам значений ординат, описанном в [1]. Тестирование метода производилось для случаев: 1) гармонического колебания постоянной частоты с наложением шума; 2) колебания с медленно меняющейся частотой; 3) изменения амплитуды скачком; 4) двух гармоник и полигармонического сигнала. В 1-ом случае даже для амплитуды шума, равной 10% от амплитуды основной гармоники, погрешность определения частоты не превышала 1% при выборке в 1,5 периода. Для случая медленно меняющейся частоты погрешность измерений при уровне шума в 1% составила ≈ 0,3%. При определении параметров полигармонического сигнала с точностью до 1% пришлось нарушить условие малой выборки, которая составила 2,5 периода.

Литература:

1. Б.З. Тайбин, Скрытые периоды, экспоненты, рекурренты, - СПб.: НИИХ СПбГУ, 2002. - 368 стр.;
2. А.Б. Сергиенко, Цифровая обработка сигналов, - СПб.: Питер, 2003. – 604 стр.

С. Заседание секции

"Физика твёрдого тела, новые материалы"

Аудитория В-02
1 ноября 2005 года, вторник, 12:30

УДК 533

Влияние восстановительного отжига на электропроводность кристаллов ниобата лития $LiNbO_3$, легированных примесью MgO

Рябцева Мария Александровна, Булычева Анна Александровна

Научный руководитель: Пичугин Владимир Федорович, д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. ТиЭФ, Томский политехнический университет

Уникальность $LiNbO_3$ общеизвестна, он по-прежнему является одним из самых перспективных материалов необходимых для создания устройств обработки и передачи информации. Диапазон его применения невероятно широк: электрооптика [1], объемная запись информации [2], генерация оптических гармоник и т.д.

Одним из методов, позволяющим получить информацию об электронных состояниях в кристалле является измерение электрической проводимости. Электрические свойства $LiNbO_3$ интенсивно изучаются [3]. Существует критическая концентрация примеси $[Mg]_C$ в области 5-6 мол%, при которой многие физические свойства ниобата лития, в том числе и электропроводность, испытывают значительное изменение. Кроме того, было показано, что термообработка в восстановительных условиях существенно влияет на величину электропроводности кристаллов $LiNbO_3$. Однако до настоящего времени нет информации, касающейся влияния примеси MgO на электрическую проводимость восстановленных образцов ниобата лития.

В связи с этим целью настоящей работы является изучение влияния примеси оксида магния на электропроводность восстановленных кристаллов $LiNbO_3$, легированных окисью магния, установить зависимость эффективности создания проводящего состояния кристалла от содержания примеси MgO.

Эксперименты проводились на кристаллах, выращенных методом Чохральского из расплава конгруэнтного состава с различной концентрацией примеси MgO (0 – 10 мол%). Образцы представляли собой плоскопараллельные пластины, вырезанные в направлении, перпендикулярном *c* – оси, толщиной 1 мм. Исследования включали в себя серию восстановительных и окислительных отжигов образцов до и после термической обработки и последующего измерения электропроводности. Восстановительный отжиг проводился в вакууме 10^{-5}-10^{-2} Торр. Температурные зависимости электропроводности измерялись по методике, описанной в [4].

Таким образом, проведенные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Восстановительный отжиг кристаллов $LiNbO_3$ чистых, а также с различным содержанием Mg приводит к увеличению их проводимости в (10^5-10^8) раз.
2. Значение σ_s зависит от содержания примеси Mg в кристаллах. С ростом концентрации [Mg] эффективность созданий проводящего состояния уменьшается.
3. Температурная зависимость электропроводности многостадийна и описывается уравнением Аррениуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glass A.M. Science, 222, 657 (1984).
2. Tao S. Selviah D.R., Midwinter J.E. Optics Letts, 18, 912 (1993).
3. Nagels P.// Hall Effect and its Application/ Ed. C.L. Chien and C.R. Westlake. Plenum Press, N.Y. (1980). P. 253.
4. Булычева А.А., Шишигина Е.В., Рябцева М.А. Система автоматизированного измерения и обработки электрических параметров ионно-модифицированных слоев диэлектриков и тонких пленок // Всероссийская школа-семинар “Радиационная физика и химия неорганических материалов”, тезисы докладов молодых ученых - Томск, 23-27 сентября 2003. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. - с. 8-9.

Отделенные от подложки фотонные кристаллы на основе пористого кремния и цирконата титаната свинца

Мошнина Ирина Алексеевна
Научный руководитель:
Мурзина Татьяна Владимировна, канд. физ.-мат. наук,
ст. науч. сотр. кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова

Фотонные кристаллы (ФК) – это структуры, в которых показатель преломления изменяется в пространстве периодическим образом, причем величина периода изменения порядка длины волны в оптическом или ближнем инфракрасном диапазоне. В идеальном ФК не могут распространяться электромагнитные волны в некотором диапазоне частот, называемом фотонной запрещенной зоной (ФЗЗ). Наличие ФЗЗ открывает широкие возможности для применения фотонных кристаллов в устройствах микроэлектроники, оптоэлектроники и лазерной техники.

Для изготовления ФК широко используется пористый кремний. Он может быть получен путем электрохимического травления кристаллического кремния в спиртовом растворе плавиковой кислоты. Пористость (объемная доля воздуха в пористом кремнии) определяет значение эффективной диэлектрической проницаемости. Таким образом, варьируя параметры травления, можно получать слоистые структуры с пространственной модуляцией показателя преломления. Поры можно заполнять различными веществами. Особый интерес вызывают ФК на основе матриц пористого кремния и сегнетоэлектрических материалов, поскольку в таких структурах возможно управление свойствами ФЗЗ внешним электростатическим полем и температурой.

Данная работа посвящена изготовлению и изучению оптических свойств структур на основе пористого кремния, сочетающих в себе сегнетоэлектрические свойства цирконата титаната свинца (ЦТС) и дисперсионные свойства фотонного кристалла. Для изготовления образцов ФК использовались пластины Si (100) n-типа с удельным сопротивлением 0,01-0,05 Ом*см. После формирования 10 пар слоев структура отделялась от подложки импульсом тока плотностью 150 мА/см^2, а затем помещалась в золь ЦТС для заполнения им пор. ЦТС в сегнетоэлектрической фазе был получен по золь-гель технологии в результате термического отжига в 2 этапа: при 450°С в течение 30 минут, а затем при 700°С в течение 10 минут.

Изучение дисперсионных свойств образцов проводилось методом спектроскопии линейного коэффициента отражения. На рисунке 1 представлены спектры отражения незаполненного фотонного кристалла на основе пористого кремния и фотонного кристалла, поры которого частично заполнены ЦТС. Пик коэффициента отражения соответствует ФЗЗ в ФК. Используя данные о положении центра ФЗЗ в образцах, в рамках модели эффективной среды рассчитаны их эффективные диэлектрические проницаемости. На рис.1 видно, что в результате заполнения фотонных кристаллов цирконатом титанатом свинца наблюдается сдвиг ФЗЗ в длинноволновую область примерно на 30 нм, что соответствует степени заполнения пор 50-55%.

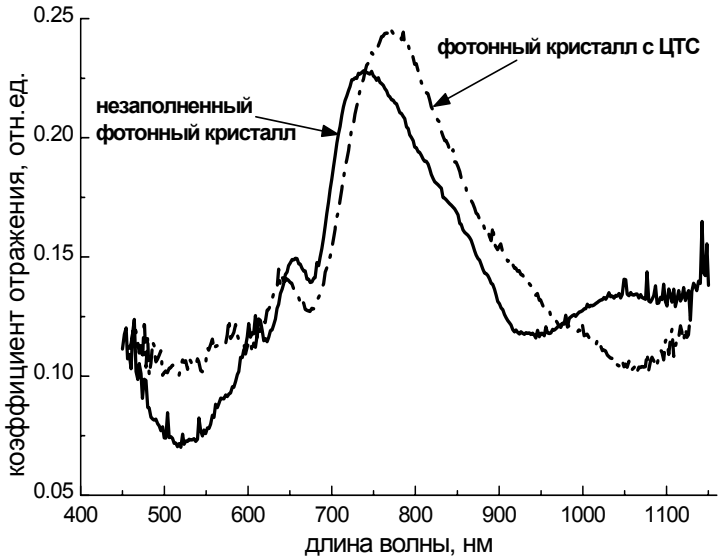


рис.1: Спектры отражения образцов при угле падения света 20º

Усиление магнитооптического эффекта Фарадея в магнитофотонных микрорезонаторах

Раздольский Илья Эрнстович
Научный руководитель:
Мурзина Татьяна Владимировна, к. ф.-м. н., ст. науч. сотр. физич. ф-та МГУ

Бурное развитие оптики фотонных кристаллов и фотонных микрорезонаторов объясняется их особенными оптическими свойствами: наличием так называемой фотонной запрещенной зоны и моды микрорезонатора. Существенным является то, что за счет эффекта многократного прохождения излучения и его локализации внутри микрорезонаторного слоя эффективная длина взаимодействия излучения с оптически активной средой оказывается намного больше размеров самого микрорезонаторного слоя.

Интересное направление представляют исследования свойств магнитофотонных микрорезонаторов (МФМР) – структур, в которых вещество микрорезонаторного слоя является ферромагнетиком. Одним из наиболее распространенных материалов магнитооптики является железоиттриевый гранат ($Y_3Fe_5O_{12}$), допированный различными элементами, в том числе висмутом (Bi:YIG). МФМР обладает макроскопической намагниченностью, что приводит к появлению линейных и нелинейных магнитооптических эффектов, таких как, например, эффект Фарадея (МОЭФ) или эффект Керра. В настоящей работе исследовалось усиление МОЭФ в спектральной окрестности моды МФМР.

Исследуемый образец представлял собой МФМР с микрорезонаторным слоем из Bi:YIG толщиной 290 нм, окруженным двумя фотонными кристаллами, состоящими из пяти пар слоев SiO_2 толщиной 135 нм и Ta_2O_5 толщиной 95 нм.

На рисунке 1-а представлен спектр отражения МФМР. Мода МФМР наблюдается при длине волны зондирующего излучения ≈1080 нм. Спектр МОЭФ в МФМР исследовался методом k-спектроскопии, то есть измерялась зависимость угла поворота плоскости поляризации от угла падения зондирующего излучения с длиной волны 1064 нм. В этом случае мода МФМР находится в окрестности 28°. На рисунке 1-б представлен k-спектр МОЭФ в окрестности моды МФМР.

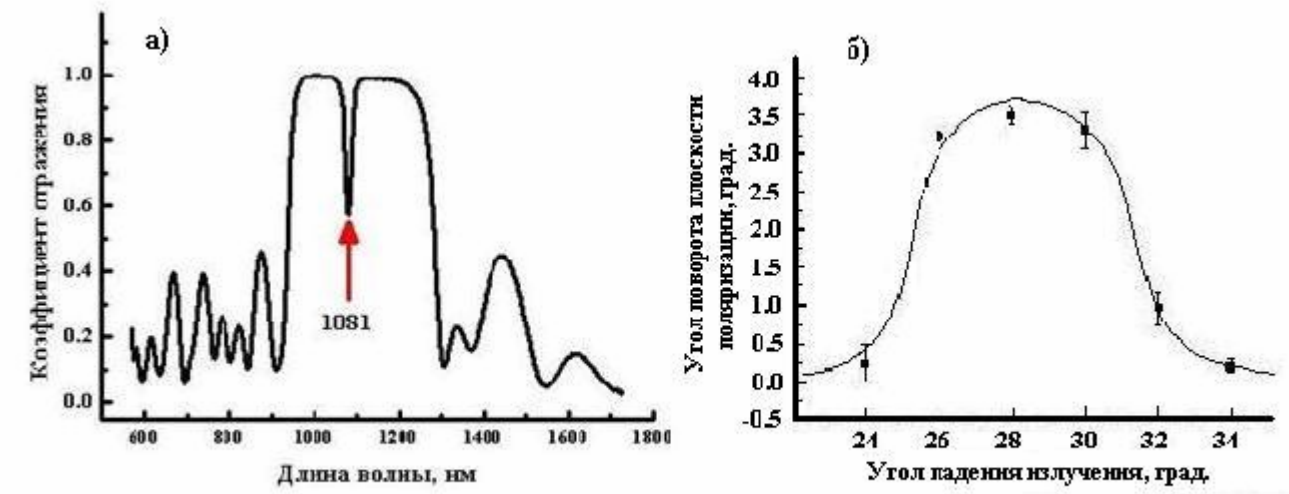


Рис. 1 а). Спектр отражения МФМР. **б). k-спектр угла поворота плоскости поляризации излучения**

Обнаружен МОЭФ, проявляющийся в повороте плоскости поляризации излучения в моде МФМР; величина угла поворота составляет 3.5±0.5°. Усиление фарадеевского вращения наблюдается для углового диапазона ≈ 7°, что соответствует угловой ширине моды МФМР. В пересчете на единицу длины активной среды – микрорезонаторного слоя – удельный угол поворота плоскости поляризации излучения в моде МФМР составляет $(1.2\pm0.2)\cdot10^5$ град/см, что, по крайней мере, в 5 раз превышает аналогичное значение для пленок Bi:YIG.

УДК: 535.215; 537.535; 537.312

Фотоэлектронная спектроскопия с применением синхротронного излучения для исследования поверхностных наноструктур

Усачёв Дмитрий Юрьевич, Попов Дмитрий Валериевич

Научные руководители:
Шикин Александр Михайлович, д-р физ.-мат. наук, в. н. с. НИИ физики СПбГУ
Адамчук Вера Константиновна, профессор, д-р физ.-мат. наук,
зав. лаб. физической электроники НИИ физики СПбГУ

В современной физике твердого тела исследование атомных структур нанометровых размеров, благодаря их уникальным по сравнению с массивными структурами свойствам и требованиям развивающейся микроэлектроники, представляет всё больший интерес. В связи с этим встает вопрос о возможных методах получения и характеризации таких низкоразмерных структур.

Одним из возможных методов получения наноструктур является их синтез на монокристаллических поверхностях твердых тел. При этом, используя в качестве подложки кристалл с поверхностью, характеризуемой высокими значениями индексов Миллера, т.е. со ступенчатой поверхностью, можно использовать взаимодействие атомов материала синтезируемых наноструктур с этой поверхностью в качестве фактора, приводящего к самоорганизации атомов. Тогда стремление системы к минимуму энергии будет приводить к определенной структуризации атомов материала в регулярно распределенные по поверхности наноструктуры. Но при использовании ступенчатых поверхностей возникает проблема, суть которой в том, что в результате взаимодействия с осаждаемыми на нее атомами может происходить фасетирование, т.е. нежелательное изменение геометрической структуры поверхности. Целью данной работы является исследование этого явления.

Одним из наиболее мощных методов исследования, дающим информацию об электронной структуре низкоразмерной системы, является фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением, которая позволяет исследовать дисперсию электронных состояний в твердом теле, что часто является наиболее информативной характеристикой объекта исследования. При этом возможность изменения энергии возбуждающих фотонов, которая открывается при использовании синхротронного излучения, дает ряд дополнительных возможностей, делая фотоэлектронную спектроскопию практически незаменимой методикой исследования наноструктур.

В данной работе в качестве подложки для формирования наноструктур используются ступенчатые поверхности монокристаллов Ni(771) и Ni(755). На террасах ступеней этих поверхностей формируется моноатомный слой графита. Т.о. предполагается, что данная система должна состоять из периодически расположенных графитовых полосок шириной около 1,2 нм. Проводится исследование электронной структуры этой системы с помощью фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением при различных энергиях фотонов. Показана возможность выявления в спектрах фотоэмиссии признаков фасетирования поверхности Ni, индуцированного формированием монослоя графита.

Работа поддержана Федеральным агенством по образованию (ВНП «Развитие научного потенциала высшей школы», раздел 3.9, код 4694) и Российско-Германской лабораторией BESSY.

Формирование квантовых электронных состояний в тонких пленках

Сеньковский Борис Владимирович

Физический факультет СПбГУ, 6 курс, кафедра электроники твердого тела
Научный руководитель: Шикин Александр Михайлович, д-р физ.-мат. наук, профессор, кафедра электроники твердого тела физического факультета СПбГУ

В настоящее время в физике твердого тела уделяется большое внимание исследованиям низкоразмерных систем, в которых наблюдаются эффекты модификации электронной структуры в зависимости от размеров системы. Ограничение размеров системы сопровождается эффектами размерного квантования её электронной структуры и ведёт к дискретизации электронного спектра. Типичным примером системы, в которой имеют место эффекты размерного квантования и формирования квантовых электронных состояний, могут быть хорошо упорядоченные тонкие пленки металлов, выращенные на поверхности полупроводников и монокристаллов металлов. Необходимым условием для формирования дискретного спектра квантовых электронных состояний является ограничение волновых функций электронов в потенциальной яме с размерами толщины пленки. Существует несколько различных моделей описания отмеченных выше квантоворазмерных эффектов и оценки зависимости энергетического положения квантовых электронных состояний от толщины пленки. Целью данной работы является анализ экспериментально полученной толщиной зависимости квантовых электронных состояний в тонких пленках на примере системы Ag/Ni(111).

Список литературы:
[1] Д. В. Вялых, А. М. Шикин, Г. В. Прудникова, А. Ю. Григорьев, А. Г. Стародубов, В. К. Адамчук, ФТТ, том 44, вып. 1, 157 (2002)
[2] T.-C. Chiang. Surf. Sci. Rep. 39, 181 (2000)
[3] Varykhalov A. (unpublished)
[4] S. D. Kevan and R. H. Gaylord, Phys. Rev. B 36, 5809 (1987)
[5] P. M. Echenique and J. B. Pendry, J. Phys. C 11, 2065 (1978)
[6] A. M. Shikin, D. V. Vyalikh, G. V. Prudnikova, V. K. Adamchuk, Surf. Sci. 487,135 (2001)
[7] N. V. Smith, N. B. Brookes, Y. Chang and P. D. Johnson, Phys. Rev. B 49, 332 (1994)
[8] S. Hüfner. Photoelectron Spectroscopy: Principles and Applications. Springer. 1995

УДК: 535.215; 537.535; 537.312

Влияние межфазовой границы на электронную структуру и строение напыленных тонких пленок и кластеров Ag, Au на чистую и окисленную поверхность Ni(755)

Рыбкин Артем Геннадиевич

Физический факультет СПбГУ, 6 курс, кафедра электроники твердого тела.
Научный руководитель: Шикин Александр Михайлович, д-р физ.-мат. наук, профессор, кафедра электроники твердого тела физического факультета СПбГУ

Одной из важных и интересных проблем современного катализа является недавно открытый эффект усиления каталитической активности маленьких кластеров благородных металлов на поверхностях оксидов при реакциях окисления CO. Возможным объяснением этого эффекта могли бы послужить особенности электронной структуры маленьких кластеров в зависимости от их размеров и свойств их взаимодействия с окисленной поверхностью.

Цель данной работы заключалась в том, чтобы выявить влияние межфазовой границы на электронную структуру и строение Ag, Au на чистой и окисленной ступенчатой подложке Ni(755). При выборе ступенчатой поверхности Ni мы руководствовались соображением, что размер формируемых кластеров на такой поверхности будет ограничен размером террасы, что приведет к более однородному распределению их размеров. Напыление Ag на чистую поверхность Ni(755) сопровождалось послойным механизмом роста с образованием квантовых электронных состояний sp- и d- характера. Напротив, при напылении Ag на окисленную поверхность Ni(755) не было обнаружено появления квантовых электронных состояний sp-характера, что свидетельствует о том, что механизм роста был более близким к островковому, с непрерывным изменением размеров островков.

Список литературы:

[1]. M.Haruta, Catal. Today, 36, 153 (1997).

[2]. U. Heinz, W.D. Schneider, J.Phys. D: Appl. Phys., 33, R85 (2000).

[3]. H.-J. Freund, Surf. Sci., 500, 271 (2002).

[4]. A.M. Shikin, O. Rader, G.V. Prudnikova, V.K. Adamchuk, W. Gudat, Phys.Rev. B65, 075403 (2002).

[5] T.-C. Chiang. Surf. Sci. Rep. 39, 181 (2000)

[6] S. Hüfner. Photoelectron Spectroscopy: Principles and Applications. Springer. 1995

D. Заседание секции

"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"

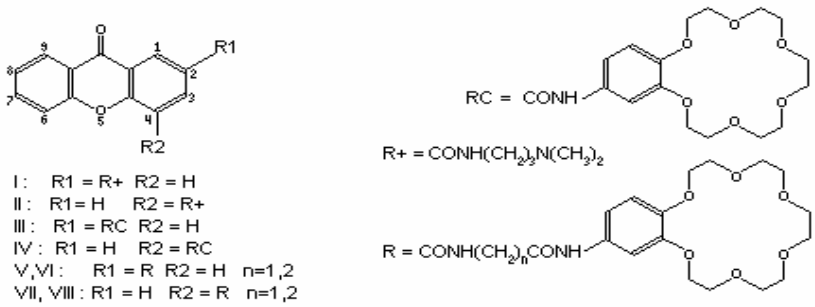
Аудитория В-04
1 ноября 2005 года, вторник, 12:30

Взаимодействие ДНК с соединениями ксантонового ряда

Дятел Елена Васильевна
Научный руководитель:
Морошкина Евгения Борисовна, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Молекула ДНК является мишенью действия агентов, обладающих биологической активностью. Среди них особое внимание привлекают противоопухолевые соединения. Ранее установлено, что амиды ксантон-2- и ксантон-4-карбоновых кислот, содержащих в амидных группах фрагменты бензокраунсоединений, обладают высокой противоопухолевой активностью и комплексообразуют с ДНК, влияя на работу генетического аппарата клетки. В данной работе исследуются краун-содержащие производные ксантонового ряда. Эти соединения имеют два потенциальных центра связывания: ксантоновый хромофор, способный интеркалировать в двойную спираль ДНК или располагаться в одной из бороздок двойной спирали и краун-группировку, способную к электростатическому взаимодействию с фосфатной группой молекулы ДНК и ассоциирующую ион Na^+. Объединение обоих активных групп в одной молекуле позволяет создать новое биологически активное полифункциональное соединение.

Для выявления роли краун-группировок во взаимодействии ДНК с ксантоном и его биологической активности в Санкт-Петербургском Техническом Университете были синтезированы краун-содержащие производные ксантонового ряда. В настоящей работе исследуется взаимодействие ДНК с амидами ксантон-2 и ксантон-4-карбоновых кислот, содержащих в амидных группах фрагменты бензо-15-краун-5, в том числе связанных через спейсерные группировки различной протяженности (Рис.).



Для определения способа связывания этих соединений с ДНК и его зависимости от структуры и расположения краун-фрагмента в молекуле лиганда методами спектрофотометрии, кругового дихроизма и вискозиметрии исследовались изменения макромолекулярных параметров ДНК при комплексообразовании. Известно, что ксантоновый хромофор в отсутствие краун-группировки способен интеркалировать в двойную спираль ДНК. Изменения в спектре поглощения и появление индуцированного кругового дихроизма у ахиральной молекулы лиганда в присутствии ДНК являются свидетельствами комплексообразования данного соединения и макромолекулы. Анализ спектральных данных позволил сделать вывод о внешнем присоединении производных ксантона к ДНК, при этом центрами связывания лигандов с ДНК являются краун-фрагменты. Параметры связывания лигандов с ДНК зависят от размеров краун-группировки, ее положения на хромофоре и удаленности от него. Измерение вязкости раствора ДНК в зависимости от концентрации производных ксантона показало, что величина приведенной вязкости в случае большинства краун-содержащих производных практически не меняется, что согласуется с предположением о внешнем присоединении лиганда к ДНК.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-03-32028-а.

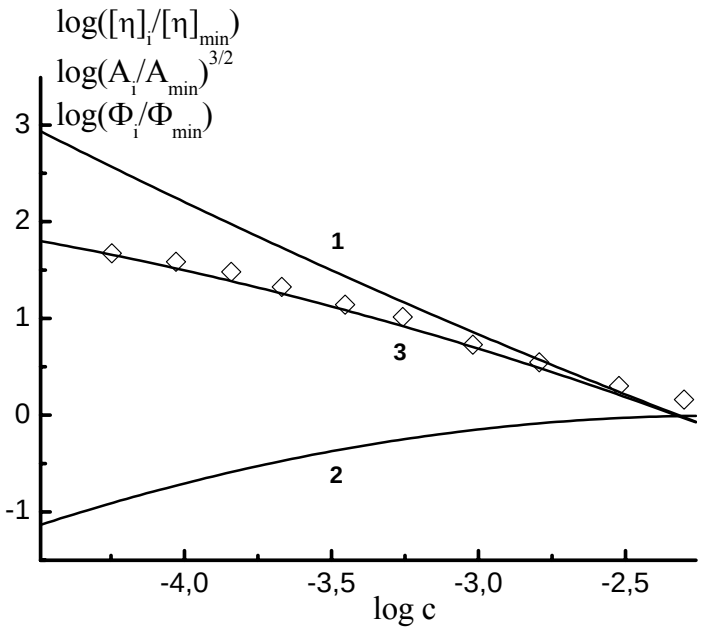
Электростатические взаимодействия в макромолекулах и размеры цепей сульфатированных полиэлектролитов.

Губарев Александр Сергеевич, Зайцева И.И.
Научный руководитель работы:
Павлов Георгий Михайлович, доктор физ.-мат. наук,
вед. науч. сотр. НИИ физики СПбГУ.

Размеры и конформация полиэлектролитов в растворах определяются помимо молекулярной массы линейной плотностью заряда и ионной силой раствора. Электростатические взаимодействия вносят вклад в близкодействие (увеличение равновесной жесткости) и в дальнодействие (дополнительное объёмное набухание) в цепях. В настоящем сообщении представлены результаты исследования сульфатированных ароматических полиамидов с различным типом включения бензольного кольца в цепь (пара/мета) и полистирола с практически одинаковой линейной плотностью заряда. Последнее означает, что электростатическая составляющая равновесной жесткости изученных полимеров при равных ионных силах одинакова для всех изученных структур. Показано, что структурная составляющая равновесной жесткости определяет уровень электростатического взаимодействия в цепях полианионов.

Изучали вязкость растворов в широком диапазоне концентраций полимера и ионных сил раствора. Структурная составляющая жесткости для цепей изученных полиэлектролитов изменяется приблизительно в 40 раз при переходе от сульфатированного ароматического полиамида с пара включением бензольного кольца в цепь к полистиролсульфонату. Значения текущей характеристической вязкости ($[\eta]^*$) оценивали как $[\eta]^* = d\ln\eta_r/dc$, где η_r – относительная вязкость и c – концентрация полимера. Обсуждаются вклады структурной жесткости цепи и эффектов протекания в величину $[\eta]^*$.

На графике представлена зависимость нормированных значений характеристической вязкости от концентрации полистиролсульфоната в бессолевом водном растворе и ее сравнение с теоретическими оценками.



1 — $\log(A_i/A_{min})^{3/2}$ – теоретическая оценка вклада равновесной жесткости цепи (структурной и электростатической составляющей);
2 — $\log(\Phi_i/\Phi_{min})$ – теоретическая оценка вклада эффекта протекания;
3 — $\log([\eta]_i/[\eta]_{min})$ – суммарный вклад от общей жесткости цепи и эффектов протекания в нормированное значение характеристической вязкости;
◇ — экспериментальные значения характеристической вязкости.

Электрофизические свойства полианилиновых слоев

Тамбовцев Кирилл Сергеевич

Научный руководитель:

Капралова Виктория Маратовна, канд. физ.-мат. наук,

доцент радиофизического факультета СПбГПУ

Полианилин (ПАНИ) является представителем класса электропроводящих полимеров, его проводимость можно изменять путем допирования в интервале 10^{-8} – 10^{5} См/м. Полианилин обладает также комплексом окислительно-восстановительных, анионообменных, нелинейных оптических свойств, способностью к экранированию электромагнитного излучения, фотоиндуцированному переносу заряда и другими. Выяснение механизма формирования, зарождения и роста слоев и дисперсных частиц полианилина является важной фундаментальной задачей, решение которой позволит обеспечить контролируемый синтез слоев и дисперсий заданных размеров, структуры и морфологии. Также остается до конца не выясненным механизм электропроводности полианилина.

Многие исследования полианилина посвящены изучению механизма электропроводности. Изменения электрических, оптических и магнитных свойств полианилина при допировании описываются как переход диэлектрик – металл в результате протонирования. Эти изменения отличаются от наблюдаемого у других проводящих полимеров: система сопряжения полианилина не является симметричной, вследствие чего уровень Ферми не находится посередине запрещенной зоны; в цепь сопряжения входят циклы углеродных атомов и атомы азота, что напоминает блок-сополимер типа А – В; электронное состояние полианилина зависит от количества электронов, приходящегося на повторяющееся звено, а также от количества протонов на повторяющееся звено. Сделано предположение, что в форме протонированного эмералдина структура полианилина представляет собой проводящие островки, являющиеся также областями кристалличности, в аморфной матрице. Перенос заряда осуществляется туннелированием между островками. В пределах островков возможны прыжки носителей заряда как вдоль полимерных цепей, так и между ними, то есть электроны имеют трехмерную делокализацию, обеспечивающую металлическую проводимость. Такое строение отличается от классических квазиодномерных органических проводников, в которых проводящие цепи изолированы друг от друга. Между островками находятся неупорядоченные аморфные области, в которых макроскопическая проводимость определяется перескоками электронов.

Для измерения электропроводности в различных условиях использовалась автоматизированная установка для измерения характеристик полупроводников. Была сконструирована и изготовлена специальная ячейка для измерения удельного сопротивления образцов четырехзондовым методом. Опытные образцы представляли собой круглые пластины из кварцевого стекла диаметром 13мм с симметрично расположенными четырьмя золотыми контактами, и нанесенным поверх них слоем полианилина в протонированной форме. Также проводились измерения двухзондовым методом температурных зависимостей удельного сопротивления и удельной проводимости слоев протонированной и основной форм полианилина.

УДК 541.64:339.199

Динамические свойства ассоциирующих полимеров в растворах

Орешников Андрей Владимирович

Научный руководитель: Лезов Андрей Владимирович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Изучение межмолекулярных взаимодействий в растворах ассоциирующих полимеров относится к числу актуальных направлений физики и химии высокомолекулярных соединений. В настоящее время появилось большое число работ, в которых процессы межмолекулярного агрегирования исследуются методами динамического рассеяния света, поступательной диффузии и вискозиметрии. При этом центральной проблемой, возникающей при интерпретации экспериментальных данных, является анализ концентрационных зависимостей гидродинамических характеристик ассоциирующих полимеров.

В настоящей работе предложен подход, позволяющий анализировать концентрационные зависимости коэффициентов седиментации, поступательной и вращательной диффузии (ЭДЛ) иономеров в органических растворителях. Подход основан на капельной модели, учитывающей различие в энергии взаимодействия между макромолекулами внутри агрегата и на его поверхности. Функция распределения молекул по агрегатам, рассчитанная для полимеров, содержащих относительно небольшое число групп, склонных к ассоциированию, соответствует модели «открытой ассоциации», в которой существует возможность распада агрегата на частицы с меньшим числом агрегации или вовсе на единичные макромолекулы. Параметрами модели являются: контурная длина L и равновесная жесткость A цепи, доля ассоциирующих звеньев β в молекуле и второй вириальный коэффициент B взаимодействия звеньев.

Рассчитаны зависимости времен ориентационной релаксации и средних коэффициентов поступательной диффузии и седиментации в зависимости от концентрации макромолекул в растворе. При увеличении концентрации иономеров коэффициент диффузии убывает, а коэффициент седиментации и время релаксации увеличиваются, что отражает склонность макромолекул к агрегированию. Изменение качества растворителя либо числа ионогенных групп в молекуле полимера влияет на макроскопические свойства раствора. Результаты расчетов сопоставили с данными экспериментальных исследований седиментации, поступательной и вращательной диффузии иономеров в растворах.

Установлено, что значение показателя α: $M \sim c^{\alpha}$, характеризующего рост наблюдаемой молекулярной массы агрегатов от концентрации полимера, не является константой и зависит от «способности» иономеров к агрегированию.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки РФ (“Функциональные полимеры для новых наноматериалов”)

Изучение взаимодействия высокомолекулярной ДНК с синтетическими поликатионами в растворе

Мухин Дмитрий Алексеевич
Научные руководители:
Касьяненко Нина Анатольевна, доктор физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ.

Изучение взаимодействия молекулы ДНК с синтетическими поликатионнами представляет интерес как с точки зрения рассмотрения конформационных возможностей молекулы ДНК при образовании сложных структур, так и в связи с использованием подобных систем для направленной передачи модифицированной ДНК в клетки-мишени.

В настоящее время существует достаточно много данных о комплексообразовании ДНК с полимерами различной структуры и состава. Задачей данной работы являлось подробное изучение влияния концентраций поликатионов и полианионов, молекулярной массы компонентов и ионных условий на процесс комплексообразования. Использовали высокомолекулярную ДНК тимуса теленка фирмы Sigma, США. Молекулярная масса ДНК $12 \cdot 10^6$ Да была определена вискозиметрически.Используемые в работе поликатионы (полиаллиламин- ПАА, поливиниламин - ПВА, полидиметиламиноэтилметакрилат - ПДМАЭМ) были синтезированы к. х. н. Назаровой О.В. (ИВС РАН). Их трансфекционная активность была проверена в институте Гриппа А. В. Слитой.

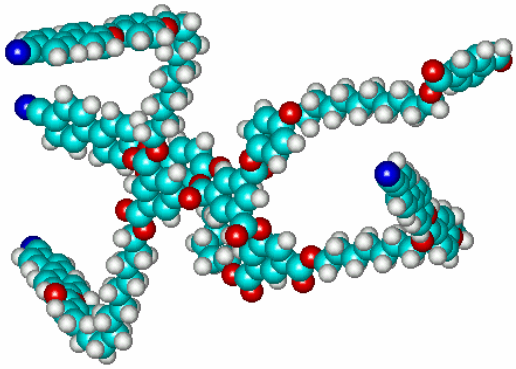
В работе постороена фазовая диаграмма для систем ДНК-поликатион в 0,005 М NaCl. Показано, что существует область концентраций компонентов, в которой происходит фазовое разделение в системе. В разбавленных растворах ДНК этому предшествует формирование дискретных компактных структур (данные метода динамического светорассеяния). Молекулярная масса полимера (использованы образцы ПВА с ММ = 15000, 27000 и 250000) практически не влияет на эти процессы, хотя более высокомолекулярный образец приводит к более широкому распределению образующихся частиц по размерам. Оценка показала, что размеры ДНК (гидродинамический радиус) после образования комплексов уменьшаются практически на порядок. В работе показано, что вторичная структура ДНК при этом не меняется. Анализ спектров КД ДНК при образовании комплексов с поликатионами показал, что увеличение концентрации поликатиона в растворе до значений, соответствующих отношению числа заряженных групп поликатионов в растворе (N) к заряженным группам ДНК (P) N/P >1 приводит к так называемой ψ+ конденсации ДНК. Этот процесс зависит от ионной силы раствора.

Конформации, полярность и электрооптические свойства полиэфирных дендронов

Беляев Николай Викторович
Научный руководитель:
Евлампиева Наталья Петровна, канд. физ.-мат. наук,
доцент, ст. науч. сотр. НИИ физики СПбГУ

Макромолекулы дендритной структуры применяются сегодня во многих современных нанотехнологиях, поскольку сам принцип их формирования при синтезе позволяет задавать свойства создаваемых из них материалов на молекулярном уровне. Методы синтеза дендронов и дендрименров различной химической структуры активно развиваются в течение последнего десятилетия, а в современной физике полимеров исследование молекулярных свойств этих соединений является одним из самых приоритетных.

Дендроны (см. рисунок) являются строительными блоками при синтезе дендримеров методом конвергентной сборки или используются для модификации линейных полимеров в качестве боковых заместителей при синтезе цилиндрических дендримеров [1]. Помимо перечисленных применений полиэфирные дендроны в настоящее время широко используются в области жидких кристаллов как самостоятельные соединения для модификации их различными концевыми мезогенными группами [2].



Модель молекулы полиэфирного дендрона второй генерации
с концевыми мезогенными группами.

В данной работе исследованы 3 образца новых полиэфирных дендронов, различающихся структурой и номером генерации, методами электрооптического эффекта Керра и диэлектрической поляризации молекул в растворах. Проведено также квантово-химическое моделирование дендронов методом PM-3 с целью определения их конформаций, оценки их оптических характеристик и полярности. Результаты расчета сопоставлены с экспериментальными данными.

[1] Музафаров А.М., Ребров Е.А. // Высокомолекулярные соединения. 2000. Т. 42. №11. С. 2015.

[2] Шибаев В.П. // Высокомолекулярные соединения. 2001. Т. 43. №1. С. 1.

E. Стендовые доклады секции

"Прикладные математика и физика"

Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша
1 ноября 2005 года, вторник, 14:30

Экспериментальное изучение параметрических резонансных возбуждении конвекции жидкости и газе в переменном силовом поле.

Мельников Павел Анатольевич
Научный руководитель:
Зюзгин Алексей Викторович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета ПГУ

Интенсивное развитие проблема конвекции в переменных силовых полях получила в последнее десятилетие, когда было установлено, что колебания инерционных микроускорений на космических аппаратах играют значительную роль при выращивании кристаллов и в других технологических экспериментах в невесомости. Благодаря этому задачи управления конвективными системами привлекают к себе внимание исследователей.

Данная работа посвящена исследованию гидродинамики и тепломассообмена в условиях микрогравитации.

В широком диапазоне параметров задачи исследована термо-вибрационная конвекция в зазоре между двумя коаксиальными цилиндрами рассмотрен случай поступательных высокочастотных вибраций, направленных ортогонально оси цилиндров.

В ходе работы была собрана конвективная камера, отвечающая условиям задачи, и модернизирован вибростенд.

Отработаны методики измерений, проведены поисковые опыты и экспериментальное изучение режимов термо-вибрационной конвекции в данной задаче.

Кювета представляла собой горизонтальную цилиндрическую полость радиусом R = 40 мм и толщиной слоя h = 3 мм. В центре имелся нагреватель (2) радиусом r = 1 мм. В качестве рабочей жидкости использовался спирт C_2H_5OH (этанол).

Для регистрации отклонений температуры от теплопроводного распределения, обусловленных конвективным движением, использовались три термопарных зонда. ЭДС термопар измерялась комплексом, состоящим из блока сбора информации и компьютера.

Механический вибратор представлял собой кривошипно–шатунный механизм, приводящийся в движение коллекторным электродвигателем большой мощности. Для измерения частоты вибраций применялась оптронная пара, импульсы от которой подавались на электронный частотомер. Эта же схема использовалась для синхронного запуска лампы–вспышки при визуальных наблюдениях и фоторегистрации. В рабочую жидкость примешивались светорассеивающие частицы алюминиевой пудры, и применялось стробоскопическое освещение. Конвективные структуры регистрировались фото– или видеокамерой; изображения обрабатывалось на компьютере.

В проделанной работе термо-вибрационные конвективные потоки от точечного источника тепла при высокочастотных колебаниях полости с жидкостью, как целого, в присутствии квазистатического микроускорения, были исследованы в лабораторных условиях.

В результате наземного моделирования были получены режимы конвективных течений, подобные тем, которые наблюдали в космическом эксперименте. Развитие структур конвекции и пространственно-временных характеристик движений исследованы в широком диапазоне параметров. Полученные результаты согласуются с данными космических экспериментов, расширяют представление об термо-вибрационных эффектах в условиях реальной невесомости и разрешают противоречия относительно структур конвективных движений, полученных при анализе данных орбитальных экспериментов.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РЕ-009-0 Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (АФГИР), гранта Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Пермской области РФФИ-Урал 04-02-96038, программ развития научного потенциала высшей школы Министерства образования и науки РФ и поддержки Ведущих научных школ НШ-1981.2003.1.

Моделирование импульсного индуктивно-связанного разряда с дополнительным балластным объемом.

Сердитов Константин Юрьевич
Научный руководитель:
Кудрявцев Анатолий Анатольевич, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. НИИ физики СПбГУ

Наиболее перспективным, с точки зрения управления и оптимизации реальных плазмохимических реакторов и устройств плазменной обработки и травления, на сегодняшний день является переход к импульсному режиму работы, который, как установлено в последнее время, позволяет существенно улучшить работу различных приборов и устройств. В работе проведено полномасштабное моделирование плазмы высокочастотного индуктивно-связанного (ICP) импульсного разряда. Объектом моделирования была выбрана установка, используемая в экспериментах [1]. Разрядный объем состоял из двух камер. Первоначально разряд создавался в маленькой камере длиной 80 мм и радиусом 51,5 мм, а образующаяся плазма могла диффундировать в большую камеру длиной 122 см и радиусом 40 см. Рабочим газом служил аргон при давлениях 5-30 мТорр. Мощность, вкладываемая в разряд, изменяласть в диапазоне 50-300 Вт при типичной длительности активной фазы 200 мкс и паузы между ними 2000 мкс. Для диагностики использовались зондовые и оптические методики. Подробное описание экспериментальной установки и методов измерений дано в [1].

Симуляция параметров разряда проводилась на коммерческом программном обеспечении, разработанном в CFD Research Corporation, Huntsville, AL, USA. Самосогласованное электрическое поле находилось из уравнения Пуассона. Описание тяжелых частиц проводилось в рамках гидродинамической модели. Параметры же электронного газа можно было находить с помощью кинетического уравнения для функции распределения электронов. Для проведения моделирования нами была разработана и построена геометрия исследуемого разряда с его реальными размерами. В качестве входных параметров использовались: давление, состав газа, мощность, вводимая в объем, а также набор возможных плазмохимических процессов с соответствующими сечениями и константами реакций.

Типичные значения концентрации электронов N_e и метастабильных атомов N_m менялись в диапазоне 10^{16}-10^{17} м$^{-3}$, температуры электронов T_e=2.5-3 эВ. Профиль концентрации электронов является диффузионным, в то время как в балансе метастабильных атомов процессы перемешивания превышают гибель на стенках за счет диффузии. Профиль температуры электронов более-менее однородный из-за сильной электронной теплопроводности. Параметры плазмы в большой камере малы по сравнению с соответствующими в малой.

В работе представлены результаты моделирования плазмы в аргоне в активной фазе и в послесвечении. Полученные данные указывают на увеличение относительной концентрации метастабильных атомов в послесвечении разряда в малой камере, что создает благоприятные условия для наблюдения кинетического явления, связанного с образованием аномального пристеночного скачка потенциала и запирания быстрых электронов в объеме. Разработанная методика расчета позволит нам в дальнейшем детально исследовать этот эффект

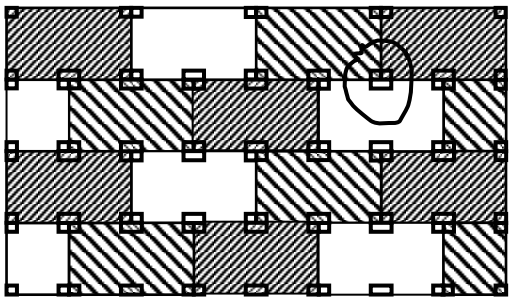
1. V. I. Demidov, C. A. DeJoseph, Jr., A. A. Kudryavtsev. Effect of metastable atoms on near-wall voltage drop in the afterglow of noble-gas radio-frequency inductive coupled plasmas. Physics of Plasmas, v.11, N11, p.5350-5353, 2004.

УДК 535.42

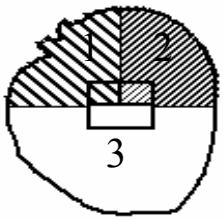
Фазово-растровые маски для оптической литографии

Короткова Юлия Владимировна
Научный руководитель:
Белокопытов Геннадий Васильевич, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

В развитие идеи фазосдвигающих масок [1] была предложена маска, которая вместе с проекционной оптической системой позволяет обеспечить произвольное задание распределения комплексного коэффициента пропускания в объектной плоскости [2]. Маска состоит из двух слоёв, прозрачного и непрозрачного (рис.1).



а)



б)

Рис.1 а) Маска с произвольной функцией пропускания; б) отверстие на маске.

Прозрачный слой представляет собой периодическую структуру из плавленого кварца с переменной оптической толщиной, состоящую из чередующихся прямоугольных областей трёх типов, вершины которых расположены в точках с координатами: $x_m = m\Delta x, y_m = n\Delta y$. Толщина областей разных типов выбирается так, чтобы на рабочей длине волне фазовый сдвиг составлял для света, проходящего через области первого типа фиксированную величину φ, а для света, проходящего через области второго и третьего типа, величину $\varphi \pm 2\pi/3$ соответственно.

Непрозрачный слой представляет собой систему идентичных квадратных отверстий расположенных вблизи узлов (x_m, y_n) периодической структуры. Узлы на маске выбираются таким образом, чтобы удовлетворить условию теоремы Котельникова: $\Delta x, \Delta y < \pi / k_{\max}$, где Δx и Δy – шаг дискретизации в направлении соответствующих координатных осей, а $k_{\max}$ – наибольшая частота в спектре пространственных гармоник в плоскости изображения, величина которой определяется рабочей длиной волны света λ и численной апертурой проекционной системы NA, т.е.: $k_{\max} = 2\pi NA / \lambda$.

Показано, что выбирая должным образом сдвиги центров отверстий $\Delta x_{mn}, \Delta y_{mn}$ относительно узлов сетки (x_m, y_n) можно задавать на сетке любое распределение комплексных коэффициентов пропускания.

Исследовано влияние погрешностей задания центров отверстий на стабильность изображений предложенной маски при частично-когерентном освещении и показана возможность получения устойчивых изображений линий с шириной $w < \lambda / 2$.

[1] Levenson M. Improving resolution in photolithography with a phase-shifting mask, IEEE transactions on electron devices, vol. ED-29, No. 12, pp. 1828-1836, Dec. 1982.

[2] Aleshin S.V., Belokopitov G.V., Scepanovic R. Mask having an arbitrary complex transmission function.// US Patent No.: 6,197,456 B1, Cl. 430/5, Mar.6, 2001.

УДК: 532.253;532.3;532.5.011

Экспериментальное исследование дрейфа шаров во вращающейся жидкости

Шатрова Евгения Фотеевна

Научные руководители:

Братухин Юрий Клавдиевич, д-р физ.-мат. наук, профессор
кафедра общей физики ГОУВПО Пермский государственный университет

Макарихин Игорь Юрьевич, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета ПГУ

В настоящей работе экспериментально решается задача о дрейфе шаровых тел во вращающихся с постоянной угловой скоростью Ω жидкостях. Показано, что при малых угловых скоростях Ω скорость дрейфа практически не зависит от Ω и только при достижении определенного критического значения Ω* начинает резко уменьшаться и, при Ω→∞, шар, в соответствии с законом Праудмена, практически останавливается [1]. Физической причиной подавления дрейфа является формирование силой Кориолиса “застойных” зон в приполярных областях движущегося шара. Если время, в течение которого струйка тока обтекает шарик много больше времени, необходимого кориолисовой силе для разворота струйки, то сила Кориолиса успевает создать встречное движение по отношению к основному, ламинарному потоку вблизи обоих полюсов шарового тела. При обратном неравенстве времен шар будет продолжать поступательное движение под действием внешней силы. Появляется конкурентная борьба между двумя факторами, определяющими скорость дрейфа: внешней силой действующей на шар и силой Кориолиса. Подобная ситуация возникает во многих задачах и трактуется как потеря устойчивости основного состояния.

Экспериментальное решение задачи производилось на специальном лабораторном комплексе. Установка состояла из оптически прозрачной цилиндрической кюветы высотой 14 см и диаметром 8 см, диска, приводимого во вращение электродвигателем, и системы наблюдения (цифровая видеокамера). Двигатель постоянного тока позволял получать значения угловых скоростей вращения сосуда с жидкостью в пределах от 30 до 200 об/мин. Для получения более высоких оборотов (до 3000 об/мин), использовалась медицинская центрифуга «ELMI CM-6M», приспособленная под наш опыт. Серии экспериментов проводились при условии, что плотности шаров ρ_0 превосходили плотности жидкостей ρ не более, чем на 5%.

Характерный излом на итоговом графике свидетельствует о смене режимов обтекания шара: течение Стокса сменяется течением Праудмена. Такой сценарий смены режимов напоминает классическую задачу по определению кризиса теплопотока через горизонтальный слой при почти вертикальном градиенте температуры [2].

Покадровая обработка видеоролика с дрейфом шара, помещённого во вращающуюся жидкость, показала отставание угловой скорости вращения шара $\omega_ш$ от скорости $\Omega_ж$

Работа выполнена при финансовой поддержке Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (грант РЕ-009-0).

[1] Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. Т.VI. Гидродинамика. Изд 3-е, перер. М.: Наука, 1986. 736 с.

[2] Чернатынский В.И., Шлиомис М.И. Конвекция вблизи критических чисел Рэлея при почти вертикальном градиенте температуры//Изв АН СССР. МЖГ. 1973.№1. сс.64-70.

Фотокаталитические свойства TiO_{2-x} в области несобственного поглощения

Белоглазова Светлана Владимировна
Научный руководитель:
Михайлов Руслан Вячеславович, м.н.с. НИИ физики им В.А.Фока СПбГУ,
Лисаченко Андрей Андреевич, доктор физ.-мат. наук,
профессор, зав. сектором НИИ физики им. В.А.Фока СПбГУ

В работе [1] обнаружена реакция $CO+NO \rightarrow CO_2+1/2N_2$, фотоактивируемая в УФ области собственного поглощения. В [2] показано, что при восстановлении оксида у TiO_2 появляются центры окраски в видимой области. В настоящей работе исследовалась возможность использования этих центров для активации в видимой области реакции $CO+NO \rightarrow CO_2+1/2N_2$ и повышения, таким образом, эффективности фотокатализатора.

Исследуется TiO_2 (Degussa P-25, S=50 м^2/г). Состав газовой фазы в реакторе и адсорбированную фазу на образце контролировали с помощью масс-спектрометра АПДМ-1. Засветку образца проводили с помощью ртутной лампы ДРТ-120 с водяным фильтром и стандартным набором светофильтров ЛОМО. Для разделения реагентов и продуктов реакции использовали изотопообогащенный ^{13}CO. Реакции проводили на предварительно прогретом до 700 К в вакууме («восстановленном») образце в диапазоне давлений смеси 0,1-0,7 Торр при облучении в области как собственного так и несобственного поглощения TiO_2. Определяли эффективность образования продуктов реакции.

Установлено, что реакция протекает при облучении в области несобственного поглощения. Конечными продуктами, как и в случае фундаментального поглощения, являются CO_2, N_2 и N_2O. Результаты вычисления эффективностей образования продуктов представлены в таблице 1. Обнаружено, что предварительное облучение в вакууме ведет к повышению эффективности образования продуктов при последующей засветке в несобственной области. Обсуждаются возможные механизмы реакции.

Спектральный диапазон облучения	Y, x10^{-3} молек/фотон		
	CO_2	N_2	N_2O
360 нм < λ < 440 нм	1,8±0,5	4±1	1,1±0,3
400 нм < λ < 440 нм	0,8±0,3	1,5±0,6м	0,6±0,3м

Таблица 1. Эффективность Y образования продуктов фотореакции $(CO+NO)/TiO_2$ при облучении в областях собственного и несобственного поглощения.

Литература.

1. Захаров М.Н. Сравнительное исследование фотокаталитической реакции $CO+NO+ h\nu \rightarrow CO_2+0.5N_2$ на MoO_3/SiO_2 и на TiO_2. //Диссертация на соискание академической степени магистра физики. С-Пб, 2002.

2. Лисаченко А.А., Кузнецов В.Н., Захаров М.Н., Михайлов Р.В. Взаимодействие O_2, NO, N_2O с поверхностными дефектами дисперсного диоксида титана.// Кинетика и катализ, Т. 45, № 2, 2004, стр. 205-213.

Использование исходных кодов Fortran в физических программах, написанных на других языках программирования

Матвеева Ольга Андреевна, Керницкий Игорь Богданович
Научный руководитель:
Монахов Вадим Валерьевич, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

На сегодняшний день физикам доступен большой набор математических библиотек. Подавляющее большинство из них написано на языке Fortran. Многие из них распространяются или полностью бесплатно, или с лицензией GNU GPL. Математические алгоритмы, представленные в этих библиотеках, имеют высокую производительность и при этом достаточно надежны. Однако, для создания программ с дружественным графическим интерфейсом требуется использование языков программирования, поддерживающих необходимые возможности в этой области. Поэтому встает проблема использования подпрограмм, написанных на Fortran, в программах, написанных на других языках программирования. Для этих целей обычно используют библиотеки DLL.

Современные компиляторы языка FORTRAN позволяют создать DLL с набором подпрограмм из математической библиотеки (основная DLL). Этот способ был признан нами наиболее подходящим для того, чтобы исключить возникновение дополнительных ошибок из-за модификации исходного программного кода. Он является наиболее безопасным и обеспечивает достаточную совместимость с большинством языков программирования. Однако не все языки программирования позволяют напрямую использовать подпрограммы из основной DLL, к тому же этот вариант не всегда является оптимальным в смысле производительности. Возникает необходимость выравнивания массивов данных, преобразования типов, использования функций обратного вызова (callback). Мы предлагаем проводить эти операции в специальной промежуточной DLL, написанной на языке C++, который допускает их эффективную реализацию. Также в промежуточной DLL целесообразно осуществить преобразование параметров подпрограмм, позволяющее сократить их количество, что упрощает использование функций математической библиотеки.

Было обнаружено, что использование невыровненных данных в отдельных случаях может привести к падению производительности в 1.5-3 раза. Например, такая ситуация возникает при использовании Delphi/Kylix.

Нами разрабатывается программный комплекс BARSIC[1], использующий одноименный интерпретируемый язык программирования, что, с одной стороны, обеспечивает высокую гибкость программ и удобство пользователя, с другой, неизбежны значительные потери производительности при использовании алгоритмов с большим количеством вычислений. В связи с этим в BARSIC была интегрирована часть подпрограмм из библиотек LAPACK, FFTPACK и ODEPACK. Это позволило обеспечить визуализацию данных и удобство работы с ними.

Было проведено сравнение производительности вызываемых из BARSIC математических подпрограмм с их аналогами в MATLAB 6.5 и Maple 7. Установлено, что она для большинства алгоритмов примерно на 25% ниже, чем в MATLAB 6.5, и в большинстве случаев превышает производительность Maple 7 (для ряда алгоритмов до 10 раз).

Предложенная схема может быть применена для создания прикладных программ в различных областях физики с использованием языков программирования, отличных от FORTRAN.

Литература

1. В. В. Монахов и др. BARSIC: программный комплекс, ориентированный на физика-исследователя. Программирование, 2005, N3, с.1-13.

Программа для демонстрации прямого и обратного дискретного преобразования Фурье

Левантовский Александр Александрович

Научный руководитель:

Чирцов Александр Сергеевич, к.ф.-м. наук, доц. физ. ф-та СПбГУ

Программа предназначена для наглядного представления сути прямого и обратного дискретного преобразования Фурье и некоторых основ цифровой обработки сигналов. Пользователю предлагается выбрать вид функции, задать ее параметры, после чего на экран выдается ее график. Параметрами функции являются: периодичность/непериодичность, рассматриваемый интервал аргумента функции, задаваемый в ее периодах. После задания функции в программе производится вычисление быстрого прямого преобразования Фурье (БПФ), график спектра выводится в отдельном окне. Количество точек БПФ задается пользователем, имеется возможность наблюдения выполнения теоремы Котельникова.

Для демонстрации обратного преобразования Фурье пользователю необходимо выделить участок спектра на графике. После вычисления БПФ в окне с графиком функции появится второй график, соответствующий выделенному участку спектра исходной функции. Таким образом, в программе реализована цифровая фильтрация сигнала и возможность сравнения исходного сигнала и отфильтрованного.

Программа реализована на языке Java. Для отображения графиков была написана специализированная библиотека классов. Окно вывода графика позволяет производить масштабирование, сохранение графиков в формате png.

Структура электромагнитного поля в сферическом диэлектрическом резонаторе при воздействии плоской электромагнитной волны.

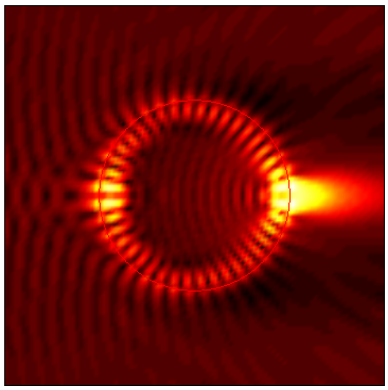
Кадочников Михаил Алексеевич

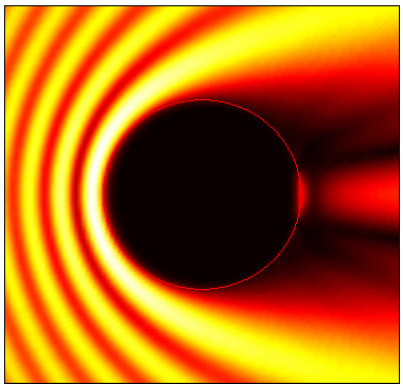
Научные руководители: Белокопытов Геннадий Васильевич, канд. физ.-мат. наук, доцент и Журавлев Антон Викторович – физик. Физический факультет МГУ им. Ломоносова

Создано программное обеспечение для расчета распределения полей в сферическом резонаторе при воздействии плоской электромагнитной волны. Расчеты ведутся по стандартным формулам теории Ми [1]. Результаты расчетов отчетливо демонстрируют распределение поля соответствующее морфологическим резонансам, когда частота падающего излучения равна резонансной частоте одной из мод резонатора. Или, если частота падающего излучения находится далеко от частот добротных резонансов, наблюдается нерезонансное возбуждение шарика. В этом случае отчетливо видно искривление волнового фронта, аналогичное такому, которое происходит в линзах, и шарик в этом случае играет роль фокусирующей линзы. Если шар металлический, то можно увидеть, что электромагнитное поле практически не проникает внутрь. Снаружи резонатора хорошо видна интерференция рассеянного излучения и падающей плоской волны. Такое распределение поля принято называть внешними модами резонатора.

На рисунке представлено распределение поля $|E|^2$ для кварцевой (слева) и металлической (справа) сфер. Более светлым участкам соответствует большая интенсивность поля.

Левая картинка демонстрирует распределение поля, соответствующее морфологическому резонансу. Показатель преломления кварца был принят равным 1.47. Параметр дифракции q=16,9378, соответствует резонансной частоте ТМ моды с номером n=20, и порядком l=1. Падающая плоская волна поляризована в плоскости сечения, и распространяется слева на право.





На правом рисунке показано распределение поля для частички золота, находящейся в воде: m1=0.57+2.45i, m2=1.33. Параметр дифракции q=10.

Результаты расчетов планируется использовать в качестве промежуточных для исследования нелинейных эффектов, в частности интегралов перекрытия полей на разных частотах. Другим возможным применением программы может быть наглядная демонстрация процессов рассеяния в лабораторном практикуме.

[1] Борн М., Вольф Э. *Основы оптики.* М.: Наука, 1970.

Использование языка высокого уровня Visual Basic 6.0 для быстрой разработки приложений при решении задачи автоматизации эксперимента

Захаров Михаил Юрьевич
Научный руководитель:
Матвеев Андрей Анатольевич канд. физ.-мат. наук,
ст. преподаватель физического факультета СПбГУ

Проведена работа по созданию и внедрению системы автоматизации эксперимента по исследованию процессов ассоциативной и Пенинговской ионизации. Реализация программного кода выполнена на языке Visual Basic 6.0. Использование языка быстрой разработки приложений позволило существенно ускорить процесс создания программы управления установкой за счет выделения большего количества времени на разработку процедур обработки и визуализации данных, а не на формирование интерфейсов взаимодействия с устройствами, как это обычно происходит при использовании C и Pascal под DOS. Для управления аппаратной частью необходимо было использовать дополнительные программные средства.

Созданное приложение протестировано и достаточно эффективно работает даже на PC Intel Pentium 120MHz, 32 Mb SIMM под управлением ОС Windows NT4 SP3.

Управление экспериментом в автоматизированной установке реализовано на базе PC-совместимой цифро-аналоговой платы ACL-8112PG (ACL), фирмы AD-Link и предназначенной для промышленной автоматизации, и двух плат разработки кафедры вычислительной физики Санкт-Петербургского государственного университета: платы управления шаговыми двигателями и платы ЦАП/АЦП. Взаимодействие с ACL-8112PG осуществляется через драйвер, предоставленный фирмой-производителем. Работа с платой быстрых преобразователей ведётся через виртуальный драйвер, созданный интерактивным способом, без написания сложного кода в программе Win Driver.

В созданном приложении реализованы следующие функции: градуировка монохроматора, сканирование по длинам волн, измерение интенсивности на фиксированной длине волны, регистрация спектрального распределения, считывание данных из буфера памяти АЦП/ЦАП, фильтрация и визуализация экспериментальных данных, а также их сохранение в файл.

Исследование термических сопротивлений современных керамических блоков

Завьялов Николай Николаевич, Пентенридер Бастиан
Научный руководитель:
Славянов Сергей Юрьевич, доктор физ-мат наук
профессор физического факультета СПбГУ

Особенностью современного строительства является широкое использование керамических блоков со сложной внутренней конфигурацией (наличие внутренних полостей). Для оценки тепловых потерь зданий необходима, прежде всего, правильная оценка термического сопротивления каждого отдельного блока. В Санкт-Петербурге такие блоки производят ЗАО “Победа”, и их спецификация была нам предоставлена. Для расчета использовался метод конечных элементов с нумерацией элементов с помощью самозаполняющихся кривых Пеано и итерациями по размеру элементов. Наличие областей с сильно различающимися термическими свойствами (керамика-воздух) определил сложности при расчетах. Для визуализации тепловых полей керамических блоков данные расчетов переносились в систему OpenDX, позволяя пользователю наглядно видеть области направлений наибольших и наименьших изменений температуры. Был также разработан интерфейс, позволяющий рассматривать слоистые структуры с различными теплофизическими свойствами.

Использование последовательности радиочастотных импульсов в ядерной магнитной томографии для выделения слоя

. Паршина Виктория Львовна
Научный руководитель: Фролов Вячеслав Вячеславович,
доцент физического факультета СПбГУ, кафедра квантовых магнитных явлений.

Введение. Сделана попытка использовать и модернизировать импульсную последовательность «DANTE», применяемую в ЯМР спектроскопии высокого разрешения, для выделения слоя в ЯМР томографии. Выполнено математическое моделирование зависимости толщины выделяемого слоя от параметров импульсной последовательности. Метод «DANTE» состоит в разбиении 90-градусного импульса на k частей, разделенных равными промежутками, модификация метода – 1.подбором длительности промежутков между частями импульса добиться заметного улучшения формы спектра, 2. Использовать 3 последовательности «DANTE» с разными значениями k .

Метод. В среде Mathcad создана программа, моделирующая действие радиочастотного импульса на намагниченность образца.

Результаты. Выполнены эксперименты по выделению слоя с помощью последовательности «DANTE» и модернизированной последовательности «DANTE», результаты приведены для сравнения на рисунке 1.

Поскольку наличие второго заметного максимума приводит к появлению артефактов, было проведено исследование сумм последовательностей. С помощью компьютерного моделирования0 удалось найти оптимальную комбинацию последовательностей с разными k для получения более узкого слоя и уменьшения ближайшего максимума сигнала.

На рисунке 2 приведены для сравнения результаты эксперимента при стандартной последовательности «DANTE» и с помощью метода 3-х последовательностей.

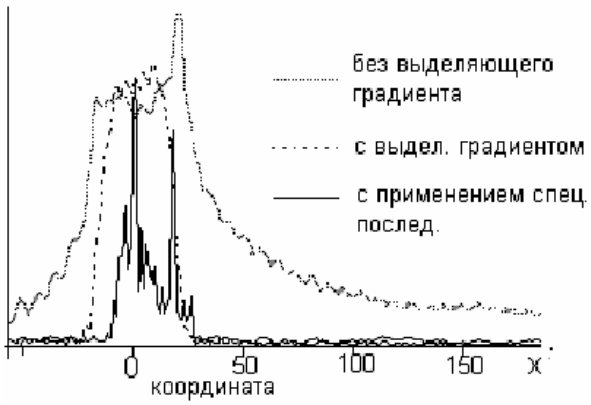


Рис.1

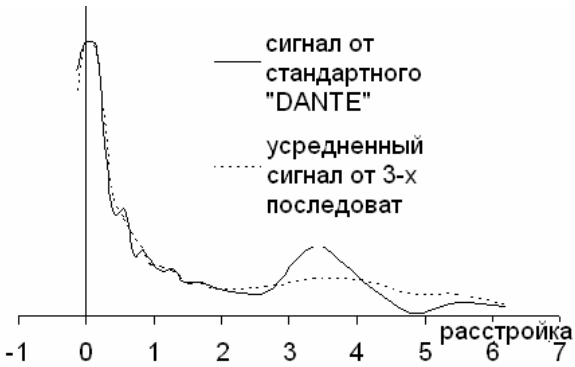


Рис.2

Разработка и изготовление установки фотокаталитической очистки воды непрерывного действия

Лаврентьев Владимир Фёдорович
Научный руководитель:
Басов Лев Леонидович, канд. физ.-мат. наук, зав. сектором НИИ физики СПбГУ

Фотокаталитический метод относится к деструктивным (полная минерализация органических молекул), и, в отличии от используемых сейчас методов, связанных с применением сильных и требующих специального приготовления окислителей (например, озон или пероксид водорода), окисление происходит за счет растворенного в воде кислорода воздуха. Одним из возможных практических приложений фотокатализа с использованием солнечного излучения может являться доочистка питьевой воды от органических загрязнителей, особенно имеющих низкие значения ПДК, и трудно удаляемых другими способами.

При построении практических систем, реализующих фотокаталитический метод применительно к жидкой фазе, существуют три основных проблемы, требующие решения: эффективное использование света, хороший массобмен (контакт загрязненной воды с поверхностью катализатора) и отделение катализатора от воды, прошедшей очистку. Известно два способа реализации метода. Катализатор либо наносится на неподвижный носитель (подложку), либо взвешивается в слое очищаемой воды. В первом случае нет необходимости в специальном отделении катализатора от воды, но массобмен и полное использование излучения затруднены, и в реальной системе необходимо длительное пребывание загрязненной воды в реакторе. При использовании взвешенного слоя наилучшим образом решается вопрос массобмена и использования излучения, но в практических схемах необходима периодическая остановка процесса для отделения катализатора от очищаемой воды (последующей фильтрацией или осаждением). До сих пор эффективно работающие системы непрерывного действия не созданы.

Мною была спроектирована и построена установка непрерывного действия, реализующая второй способ. Очищаемая вода с эжектируемым кислородом и введенным в нее порошкообразным катализатором прокачивается циркуляционным насосом через цилиндрический фотохимический реактор, по оси которого установлен источник излучения. В циркуляционный контур включен керамический трубчатый мембранный фильтр с эффективным размером пор мембраны 0,2 мкм. За счет тангенциальной фильтрации часть очищаемой воды отделяется из контура, а катализатор смывается с поверхности мембран и остается в контуре циркуляции, поддерживаясь током воды во взвешенном состоянии. В предварительных опытах подобрана минимальная концентрация взвешенных частиц, обеспечивающая полное поглощение активного излучения в фотохимическом реакторе.

В качестве модели органического загрязнителя был выбран краситель метиленовый голубой, В качестве катализатора для работы был выбран диоксид титана TiO_2.

Измерение концентраций красителя производилось на спектрофотометрическим методом. Изучена кинетика процесса фотокаталитической деструкции, и спектральная зависимость эффекта разрушения загрязнителя. По полученным данным можно произвести также и энергетические оценки эффекта.

Наблюдалось известное явление снижения эффективности фотодеструкции за счет “отравления” катализатора. Ранее установлено, что активные центры поверхности блокируются продуктами распада – ацетатными и формиатными соединениями. Показано, что активность катализатора можно вернуть к исходной. Для этого в темновых условиях, а лучше при облучении кратковременно обработать поверхность катализатора более сильным окислителем, например, озоном. Либо для сохранения постоянной высокой активности катализатора (близкой к начальной) добавлять во время проведения облучения небольшие количества озона.

F. Стендовые доклады секции

"Физика твёрдого тела, новые материалы"

Центральный холл второго этажа
физического факультета
1 ноября 2005 года, вторник, 14:30

Исследование квантовых состояний в тонкой пленке Ag на W(100)

Висман Михаил Борисович
Научный руководитель:
Владимиров Георгий Георгиевич, д-р физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Исследовано поведение квантовых состояний sp зоны Ag, возникающих в системе, состоящей из подложки W(100) и тонкой пленки Ag, с увеличением толщины пленки от 1 до 11 ML. Пленка формировалась термическим напылением Ag. Система изучалась методами фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением, с использованием синхротронного излучения на ускорителе BESSY (Берлин, Германия). Получены фотоэлектронные спектры системы при различной толщине пленки. Отчетливые квантовые состояния наблюдаются на протяжении всего исследованного интервала толщин. При напылении одного монослоя Ag в спектре наблюдается интенсивный пик, соответствующий квантовому состоянию, расположенному в окрестности середины sp зоны Ag (≈ 2.5 eV). С увеличением толщины пленки количество квантовых состояний возрастает, их энергия меняется симметрично относительно энергии квантового состояния соответствующего толщине пленки в 1 ML. С увеличением количества слоев Ag энергетическое расстояние между соседними квантовыми состояниями уменьшается.

Для описания поведения энергии квантовых состояний используется модель аккумуляции фазы, в приближении линейной атомной цепочки. Результаты, полученные при помощи модели аккумуляции фазы, имеют хорошее согласие с данными экспериментального исследования. Полученное описание качественно повторяет вышеперечисленные закономерности.

Толщина и форма слоя окисла на зеркалах лазерных гетероструктур $GaSb/Ga_{0.1}Al_{0.9}SbAs/GaInAsSb$ в местах выхода слоев, богатых Al.

Дементьев Петр Александрович
Научный руководитель:
Титков Александр Николаевич, д.ф.-м.н., ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН,

В последнее время значительный интерес вызывает создание полупроводниковых лазеров для средней инфракрасной области спектра на основе системы GaSb/InAs. Обычно, такие лазерные структуры содержат обогащенные алюминием ограничительные слои, которые имеют тенденцию к активному окислению в комнатных условиях. Формирование толстого слоя окисла может вызвать возвышение богатых Al слоев относительно окружающих (не содержащих Al) слоев на поверхности лазерного зеркала. Такое возвышение слоев богатых Al над поверхностью скола может быть объяснено по-разному, например, пластическими деформациями в процессе скола, как в работе [1].

В нашей работе были изучены и проанализированы топографии исходного и развившегося во времени рельефа обогащенных Al слоев на сколах зеркал лазерных структур $GaSb/Ga_{0.1}Al_{0.9}SbAs/GaInAsSb$. Лазерные зеркала были созданы посредством скалывания, и их топография была изучена методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) на воздухе и сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) в сверхвысоком вакууме. АСМ эксперименты, проведенные в комнатных условиях в течение часа после скалывания, показали возвышение богатых Al слоев над поверхностью скола на 6-7 нм. С другой стороны, СВВ СТМ измерения топографии поверхности скола по прошествии 30 часов после скалывания в вакууме не показали какого-либо отличия в высотах смежных GaAlAsSb и GaInAsSb слоев. Сравнение АСМ и СТМ наблюдений топографии позволило отклонить в нашем случае идею пластических деформаций насыщенных Al слоев в процессе скалывания.

АСМ наблюдения топографии лазерных зеркал в течение длительного времени показали, что высота наблюдаемых возвышений растет со временем на протяжении более чем 2 месяцев. Таким образом, мы видим наиболее разумное объяснение возвышения богатых Al слоев над уровнем лазерных зеркал в окислении в атмосферных условиях участков выхода этих слоев на поверхность зеркала. На исследованных структурах мы наблюдали возвышение насыщенных Al слоев до 400 нм.

Также значительный интерес представляло выяснение глубины проникновения окисла под поверхность лазерного зеркала. Для этого был выполнен и исследован еще один последующий скол, перпендикулярный к поверхности зеркала. Это позволило как бы получить срез окисла по глубине. Наблюдения на втором сколе показали, что внутренняя часть оксида оказывается толще внешней, возвышающейся части примерно в два раза. Это означает, в частности, что в случае наблюдения выступающей части окисла высотой 400 нм общая толщина сформировавшегося окисла превышала один микрон.

Исследование внутренней части окисла выявило важную особенность ее формы: она оказалась не планарной, а изогнутой. В центральной части слоя окисел намного толще, чем на интерфейсах с соседними слоями. В соответствии с существующими моделями окисления, проникновение окисла вглубь слоев ограничивается напряжениями, возникающими на фронте окисления. В этой связи, наблюдаемая кривизна фронта окисления может означать возникновение значительных напряжений на интерфейсах вблизи поверхности зеркала.

Выявленный эффект сильного окисления негативно влияет на качество лазерных зеркал и, таким образом, может ухудшать характеристики светоизлучающих структур.

[1] M.R.Castell et al., Acta. Mater. 46, 579 (1998)

Влияние взаимодействия деформационного и модуляционного параметров порядка на фазовую диаграмму сплавов Гейслера Ni-Mn-Ga с эффектом памяти формы

Загребин Михаил Александрович
Научные руководители:
Бучельников Василий Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, профессор ЧелГУ
Таскаев Сергей Валерьевич, канд. физ.-мат. наук, доцент ЧелГУ

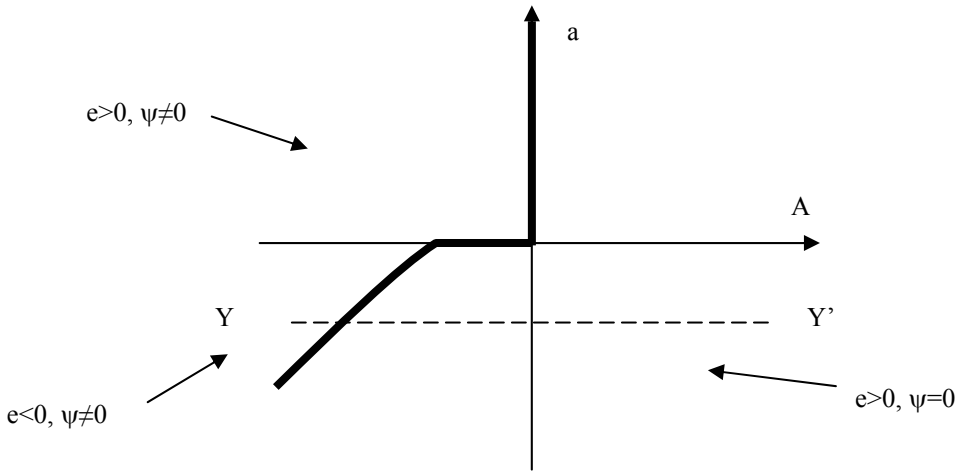
Ферромагнитные сплавы Гейслера Ni-Mn-Ga представляют научный и практический интерес в связи с тем, что в них наблюдается эффект памяти формы и гигантский магнитокалорический эффект. Первый интересен тем, что он может управляться внешним магнитным полем, а второй – его использованием при магнитном охлаждении при комнатных температурах. Сплавы Ni-Mn-Ga интересны также тем, что в них может существовать так называемый связанный магнитоструктурный переход, в области которого эффект памяти формы и магнитокалорический эффект имеют наибольшее значение.

Фазовые диаграммы сплавов Ni-Mn-Ga уже исследованы достаточно подробно (см. например, обзор [1]). В частности, в рамках феноменологической теории Ландау теоретически было показано в этих сплавах могут происходить переходы из кубической ферромагнитной фазы в модулированную квазикубическую фазу и из последней в ферромагнитную тетрагональную фазу. Экспериментально было обнаружено, что при изменении композиции при структурном фазовом переходе изменяется соотношение между осями *c* и *a* тетрагональной фазы ($c/a<1$ в модулированной и $c/a>1$ в тетрагональной фазах). В данной работе на основе простой модели, учитывающей только деформационный и модуляционный параметры порядка показано, что при определенном подборе параметров функционала Ландау можно объяснить существование фаз с таким соотношением кристаллографических осей.

Функционал Ландау может быть записан в виде [1]

$$F = ae^2/2 - be^3/3 + ce^4/4 + A\psi^2/2 + B\psi^4/4 + C\psi^6/6 + De\psi^2 \qquad (1)$$

где *e* – деформация, ψ - параметр порядка, описывающий модуляцию кристаллической решетки, *a, b, c, A, B, C* – параметры функционала, *D* – параметр взаимодействия. Численная минимизация функционала (1) приводит к следующей фазовой диаграмме



Видно, что при определенных значениях параметров (термодинамический путь YY') функционала в модулированной фазе деформация *e* всегда меньше нуля, а в тетрагональной немодулированной она больше нуля. Этот факт может служить доказательством таких наблюдаемых экспериментально фаз.

1. А.Н. Васильев и др. УФН, **173** (2003) 577.

Рамановское рассеяние на полярных колебаниях в нанокристаллах

Кожакина Ирина Федоровна

Научный руководитель:

Карпов Сергей Владимирович, доктор физ.-мат. наук, профессор СПбГУ

В рамановских спектрах полупроводниковых нанокристаллов группы A_2B_6 квантово-размерные эффекты проявляются как в области акустических, так и в области оптических колебаний. При этом как и в спектре объемных материалов, наиболее интенсивно проявляются частоты, соответствующие продольным колебаниям фундаментальных мод. В объемных образцах расщепление полярных колебаний на продольные и поперечные связано с существованием макроскопического продольного электрического поля. Однако, в кристаллах микроскопических размеров деление оптических колебаний на продольные и поперечные не совсем корректно, что связано с отсутствием информации о величине электрического поля, действующего на полярные оптические колебания. Поэтому вопрос о проявлении в рамановском рассеянии нанокристаллов частот именно продольных мод до сих пор полностью не ясен. В этой связи была сделана попытка теоретически рассчитать спектр рамановского рассеяния кубического нанокристалла CdS, чтобы выявить микроскопическую природу продольно-поперечного расщепления и понять механизм возникновения зонной структуры колебательного спектра кристалла.

При численном моделировании динамики решетки использовалась геометрическая модель нанокристалла в виде идеального кристалла со структурой сфалерита, включающая определенное число элементарных ячеек. Краевые атомы в такой модели предполагались свободными, а спектр нанокристалла рассматривался как спектр свободной квазимолекулы. Используемая модель включала кулоновское взаимодействие жестких заряженных ионов и близкодействующее отталкивание, описывающееся в модели Борна-Кармана.

Результаты проведенных расчетов демонстрируют, что в нанокристаллах с числом атомов от 20 до 1000 практически у всех мод частоты симбатно изменяются с величиной заряда на атомах (от 0,1 *e* до 1,5 *e*), хотя существуют некоторые колебания, частоты которых уменьшаются. Поэтому действие возникающего при большинстве колебаний электрического поля аналогично действию макроскопического поля поляризации бесконечного кристалла (т.е. $+8\pi/3$ для продольной и $-4\pi/3$ для поперечной моды). В этом смысле практически все колебания имеют основной вес продольной моды, т.е. эти колебания можно считать квазипродольными. Выяснено, что величина поля поляризации, вычисляемая путем прямого суммирования вклада каждого атома, существенным образом зависит от собственного вектора той или иной моды. Поскольку большинство колебаний являются квазипродольными, вклад в спектр рассеяния определяется в большей мере механизмом фрелиховского электрон-фононного взаимодействия, чем механизмом деформационного потенциала. Вычисленные с учетом этих фактов спектры рамановского рассеяния нанокристаллов полупроводника CdS демонстрируют хорошее совпадение с экспериментом. В рассчитанном спектре рамановского рассеяния наблюдается интенсивная полоса вблизи частоты продольной моды и ряд слабых линий в области продольно-поперечных частот. В работе анализируется изменения спектра от величины зарядов на атомах Cd и S и от числа атомов в нанообразовании.

Моделирование фотоэмиссии из широкозонных материалов методом Монте-Карло

Лазаренко Дмитрий Михайлович
Научный руководитель:
Адамчук Вера Константиновна, д-р физ.-мат. наук,
проф., зав. лаб. физической электроники НИИ физики СПбГУ

В работе приведено описание метода Монте-Карло в применении к моделированию фотоэлектронной эмиссии из широкозонных материалов. На основе использованной физической модели процессов возбуждения, рассеяния и выхода электронов из диэлектрика реализован метод, позволяющий моделировать рассматриваемые явления.

С помощью разработанной программы рассмотрены примеры моделирования и проведен качественный анализ результатов. Полученные спектры электронов фотоэмиссии из CsI для физической модели соответствуют экспериментальным данным, приведенным в литературе. Программа может быть использована для анализа новых экспериментальных данных и предсказания ожидаемых эффектов, а также в качестве наглядной демонстрации процесса фотоэлектронной эмиссии.

Программа позволяет изменять параметры физической модели исследуемого материала и начальные условия генерации электронов фотоэмиссии, наблюдать установление спектра при накоплении числа статистических испытаний. Реализованы опции сохранения графиков представления начальных данных и результатов моделирования. Программа сочетает удобный пользовательский интерфейс с высокой скоростью подсчета, которая достигается за счет введения в алгоритм моделирования дополнительных оптимизаций вычислений.

Программа написана на языке Java 2, благодаря чему полностью переносима.

Исследование нано слоев HfO_2 и Al_2O_3 методом рентгеновской рефлектометрии

Соколов Андрей Александрович
Научный руководитель:
Филатова Елена Олеговна, д-р физ.-мат. наук,
проф. физического факультета СПбГУ

Уменьшение размеров МДП структур, широко использующихся в современной нано электронике, требует уменьшения размеров подзатворного диэлектрика, в качестве которого обычно используется SiO_2. Уменьшение толщины слоя SiO_2 приводит к резкому возрастанию туннельных токов утечки. Основными претендентами на замену диоксида кремния являются HfO_2 и Al_2O_3, обладающие сходными показателями электрической устойчивости при гораздо меньшей физической толщине.

Исследования проводились методом рентгеновской рефлектометрии. Метод рефлектометрии является спектроскопическим методом. Тонкая структура спектров отражения вблизи порогов ионизации атома чувствительна к сорту поглащающего атома, его химическому состоянию и ближайшему окружению. Дополнительная возможность метода обусловлена существованием зависимости глубины формирования отраженного излучения от угла подения излучения на образец. В области мягкого рентгеновского излучения велико поглощение в веществе и велики критические углы полного внешнего отражения, что дает возможность производить неразрушающий послойный анализ образца.

В работе были изучены системы HfO_2(5нм)/SiO_2(0.3нм)/Si и Al_2O_3(30нм)/Si, синтезированые методом молекулярного наслаивания и система SiO_2(100нм)/Si, выращенная методом сухого окисления. Спектральные и угловые зависимости коэффициента отражения измерялись в области К порога ионизации кислорода в широкой области углов скользящего падения, с использованием синхротронного излучения.

Анализ тонкой структуры спектров отражения позволил установить, что при угле скользящего падения $\theta = 4^\circ$ глубина формирования отраженного излучения в пленке SiO_2 составляет 100нм, в Al_2O_3 - 30нм и в HfO_2 - 5нм. Таким образом, была продемонстрирована концепция “физически толстых” пленок.

Поскольку детали тонкой структуры спектров отражения напрямую не связаны с абсорбционными переходами в атомах, с помощью соотношения Крамерса-Кронига были рассчитаны спектры поглощения на основе спектров отражения измеренных для разных скользящих углов падения. Анализируя изменения тонкой структуры рассчитанных спектров поглащения, удалось исследовать образцы на изотропность по глубине.

Было обнаружено, что исследуемые пленки неизотропны по толщине. При исследовании пленки HfO_2 обнаружен тонкий приповерхностный слой HfO_x, характеризуемый изменением ближайшего окружения атома кислорода и или повышенной точечных дефектов в близи поверхности. При исследовании Al_2O_3 была обнаружена прослойка неизвестного стехиометрического состава внутри образца.

УДК 533

Сурменев Роман Анатольевич, Козельская Анна Ивановна

Получение биосовместимых покрытий на материалах медицинских имплантатов методом магнетронного распыления

Научный руководитель: Пичугин Владимир Федорович, д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. ТиЭФ, Томский политехнический университет

В лаборатории физики твердого тела Томского политехнического университета разработаны методики получения покрытий из гидроксиапатита (ГАП): 1. Магнетронное распыление на постоянном токе (МРП); 2. ВЧ - магнетронное распыление (или на переменном токе). Отработаны режимы получения пленок ГАП каждым из методов [1].

Изготовлены электроды для магнетронов, состоящие из гидроксиапатита (ГАП), причем для 1 в состав электрода входит титановая оправка, что является необходимым условием распыления на постоянном токе, а также нейтральных окисей иттрия и циркония для увеличения прочности конечной керамики. В дальнейшем проведен отжиг электродов при температуре 1100С^0. В качестве подложек при напылении использовались медицинская сталь 12Х18Н10Т и технически чистый титан Вт1-0.

Выполненные исследования позволяют заключить, что методом магнетронного распыления на постоянном и переменном токе получены кальцийфосфатные покрытия, причем поры и микротрещины отсутствуют. Элементный состав покрытий, полученных методами МРП и ВЧ-распыления следующий: МРП - Ca, P, O, Ti, Y, Zr; ВЧ - распыление - Ca, P, O. Покрытия, полученные методом распыления на переменном токе, содержат большее количество Ca и P, чем покрытия, полученные методом распыления на постоянном токе соответственно в 4.37 и 1.1 раз. С биологической точки зрения важным является отношение Ca/P. Согласно методу МРП оно равно 1.13, а согласно методу ВЧ-распыления 4.5, что согласуется с этим отношением в материале исходной мишени. Определены средние скорости роста пленок в выбранных режимах работы: на постоянном токе 76нм/час; на переменном токе 800нм/час. Таким образом, средняя скорость напыления методом ВЧ-распыления в 10.5 раз больше, чем скорость напыления методом МРП.

Измерены физико-механические характеристики системы имплантат-покрытие (метод ВЧ-распыления): средняя величина связи на растяжение 31.15МПа и адгезия покрытий на спицах, изменяющаяся от 326.43 до 954.96МПа. Большой разброс в величине адгезии обусловлен различной толщиной покрытий (от 120 до 230нм), причем большей величине адгезии соответствует меньшая толщина покрытия. Величина удельного поверхностного сопротивления 10^{13}Ом/□ при комнатной температуре, что отвечает требованиям ГОСТа.

Результаты исследования имплантатов с покрытиями, показали, что покрытия нетоксичны, т.к. сдвига кислотно-щелочного равновесия растворов не происходило (7,157 единиц pH при 7,170 в контроле); жизнеспособность костномозговых клеток составляла 97%; при введении КФ-имплантатов в организм мышей не было ни одного случая возникновения процессов нагноения и воспаления близлежащих тканей. Напыленные спицы с ВЧ-магнетронным покрытием были переданы в *Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия"* в Кургане, где они помещены в собак (посредством закрепления в аппарате Илизарова), в которых пробудут в общей сложности 6 месяцев.

Таким образом, используя ту или иную разновидность метода магнетронного распыления можно регулировать элементный состав покрытий и, в частности, отношение Ca/P и получать покрытия с определенными свойствами, которых требует каждая конкретная ситуация.

1. Pichugin V.F., Bulycheva A.A., Tverdokhlebov S.I., Surmenev R.A.,Khlusov I.A., Sohoreva V.V., Volova T.G., Shishatskaya E.I. Deposition of calcium-phosphate layers on the materials of medical implants by magnetron sputtering //Abstracts of 7th Essen Symposium of Fundamentals and Clinical Applications - Essen, 6-8 october, 2004. - Essen: , 2004. - c. 150.

Исследование микротопографии поверхностных структур методом сканирующей туннельной микроскопии

Шибинский Николай Анатольевич

Научные руководители:
Адамчук Вера Константиновна, проф. физического факультета СПбГУ, д. ф.-м. н.
Федосеенко Сергей Ильич, доцент физического факультета СПбГУ, к. ф.-м. н.

Физика поверхностных явлений в настоящее время является одним из наиболее интенсивно развивающихся разделов науки. Именно на фундаментальных исследованиях в области физики поверхности твердого тела основаны успехи современных микро- и наноэлектроники. Большое внимание к низкоразмерным системам, можно объяснить тем, что при значительном уменьшении размеров структур (на несколько порядков) появляются качественно новые особенности, связанные с квантово-размерными эффектами. Уменьшение размеров активных элементов необходимо для повышения быстродействия и уменьшения энергопотребления устройств записи, хранения и обработки информации.

Для визуализации и характеризации наноструктур необходимы методики исследования, обладающие пространственным разрешением такого же порядка. Одной из таких методик является сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) [1]. Использование сканирующего электронного микроскопа позволяет исследовать микротопографию поверхности твердых тел с разрешением вплоть до атомного.

В настоящей работе приведены результаты исследований с помощью СТМ микротопографии поверхности образцов кремния, на поверхности которых были образованы совокупности острий типа гребня. Технология их получения разработана в Научно-исследовательском институте комплексных исследований оптоэлектронных приборов научного центра «Государственный оптический институт» [2]. Область возможного использования исследованных острий постоянно расширяется: эмиттеры для современной эмиссионной электроники, зонды современных ближнепольных микроскопов, точечные контакты фотодиодов, зонды Кельвина и др., что свидетельствует об актуальности настоящей работы. В результате исследований были получены трехмерные изображения различных участков поверхности и определены размеры неоднородностей. Показано, что средние размеры выступов типа гребня лежат в пределах: по ширине - 4-7 мкм, по длине - 10-15 мкм, по высоте - 0.025-0.2 мкм. Анализ выявленных дефектов микротопографии исследованных структур прямым образом связан с путями совершенствования технологии формирования острий.

Литература:

1. Binnig G., Rohrer H., «Scanning Tunneling Microscopy»; Helv. Phys.Acta, 1982, 55, 726-731.
2. В.С. Макин, Ю.И. Пестова, «Формирование выступа типа острия»; Патент РФ №2139373 от 07.07.1998 г.

G. Стендовые доклады секции

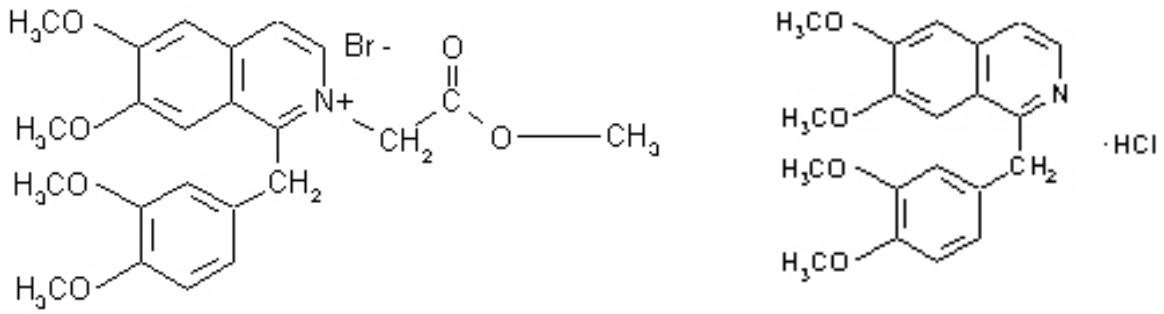
"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"

Холл у аудитории В-04
1 ноября 2005 года, вторник, 14:30

Взаимодействие нового производного папаверина с молекулой ДНК в растворе

Богданов Андрей Александрович
Научный руководитель:
Морошкина Евгения Борисовна, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

В настоящей работе методами УФ - спектрофотометрии и кругового дихроизма (КД) изучали взаимодействие ДНК с новым водорастворимым производным папаверина (рис. 1 а), синтезированным в Технологическом институте. Папаверин (Papaverinum) (рис.1 б) является миотропным спазмолитическим средством. Механизм действия препарата недостаточно ясен. Установлено, что он является ингибитором фермента фосфодиэстерезы и вызывает внутриклеточное накопление циклического 3′,5′-аденозинмонофосфата (цАМФ). Существует мнение, что папаверин и его производные могут оказывать влияние на синтез ДНК, связываясь с макромолекулой в клетке. Однако подобное связывание до сих пор не доказано. Этим и обусловлена задача данной работы.



а б

Рис. 1. Структура нового производного папаверина (а) и папаверина (б).

Соединение имеет две полосы поглощения в ближней УФ – области: λ'_{max} = 256 нм (ε = 37000 M^{-1} $см^{-1}$), λ''_{max} = 320 нм (ε = 12000 M^{-1} $см^{-1}$). Перекрывание спектров поглощения лиганда и ДНК не позволяет провести количественный анализ связывания. Исследование спектров КД водносолевых растворов смеси ДНК-лиганд с разным соотношением концентраций компонентов, показало, что КД смеси отличается от КД ДНК. В то же время водносолевые растворы лиганда оптически не активны. Проведенный анализ в предположении, что конформация ДНК в присутствии соединения не изменяется, показывает, что соединение имеет ассоциированный с полосой поглощения (λ_{max} = 256 нм) индуцированный КД, знак и интенсивность которого меняется с изменением соотношения концентраций лиганд / ДНК. Вид этой зависимости позволяет сделать вывод о наличии более одного типа взаимодействия соединения с ДНК. Можно предположить, что связывание нового производного папаверина с ДНК обусловлено прежде всего электростатическим взаимодействием катионов лиганда с отрицательно заряженными фосфатными группами макромолекулы.

Компьютерное моделирование процесса мицеллообразования в водном растворе нонаноата натрия

Боричев Александр Владимирович
Научные руководители:
Андрей Владимирович Комолкин, к. ф.-м. н, доцент физического факультета СПбГУ
Юрий Сергеевич Чернышев, ст. преподаватель физического факультета СПбГУ

Введение

Исследования поверхностно-активных веществ (ПАВ) представляют большой интерес в связи с активным использованием в науке, промышленности и медицине.

В водном растворе молекулы ПАВ при концентрации выше критической концентрации мицеллообразования (ККМ) формируют агрегаты (мицеллы) сферической или цилиндрической формы – в зависимости от концентрации. В данной работе исследуется процесс формирования мицелл и их стабильность при помощи метода моделирования молекулярной динамики.

Моделирование молекулярной динамики

ККМ для нонаноата натрия (CH_3-$(CH_2)_7$-COONa) составляет порядка 20% (весовых), что соответствует одной молекуле ПАВ на примерно 50 молекул воды. Существует предположение, что молекулы ПАВ в растворе частично диссоциированы, т.е. в растворе содержатся как молекулы, так и ионы ПАВ и натрия. На данный момент проведены моделирования четырех молекулярных систем.

В первых двух расчетах начальная конфигурация была выбрана в виде цилиндрической мицеллы, окруженной молекулами воды (а в первом случае еще и ионами натрия); использовалась SPC/E модель воды и OPLS-AA потенциалы взаимодействия, взятые из литературы. Молекулярные системы состояли из 160 молекул ПАВ и 10280 молекул воды. В этих моделированиях концентрация ПАВ была несколько ниже ККМ.

В третьем и четвертом моделированиях была задействована ST2 модель воды, начальные конфигурации систем представляли однородный раствор ПАВ в воде. Целью моделирования было наблюдение процесса мицеллообразования. В третьем моделировании концентрация была много выше ККМ (100 молекул ПАВ на 900 молекул воды), а в четвертом слегка выше ККМ (100 молекул ПАВ на 5450 молекул воды).

Моделирование проводилось на параллельных кластерах физического факультета и Петергофского телекоммуникационного центра СПбГУ.

Результаты

Первые два моделирования с SPC/E водой длились по 8 нс. В результате первая система полностью распалась на отдельные мономеры и группы из 5-10 мономеров. Анализ получившихся агрегатов показал, что они не обладают никакой структурой, а молекулы воды из них не вытесняются. Такой результат объясняется, в первую очередь, электростатическим отталкиванием гидрофильных головок ионов ПАВ. Второе моделирование с использованием недиссоциированных молекул ПАВ имело подобный результат с той разницей, что процесс распада начальной конфигурации протекал медленнее. Из результатов этих расчетов сделан вывод о неприменимости модели SPC/E для исследования процессов мицеллообразования.

Следующие два моделирования использовали более структурированную модель ST2. В третьем моделировании через 6 нс получена структурированная система, напоминающая бислой, который наблюдается при высокой концентрации. Далее, в четвертом моделировании концентрация была снижена до ККМ с целью достижения решения поставленной задачи о моделировании мицеллообразования. В результате за 4 нс получена система со сферической мицеллой, внутри которой отсутствует вода.

Исследование комплексообразования соединений платины с молекулой ДНК

Голуненко Максим Михайлович, Дрибинский Борис Аркадьевич
Научный руководитель:
Касьяненко Нина Анатольевна , д-р физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

В работе было проведено изучение комплексов ДНК с координационными соединениями платины на уровне модельных систем (разбавленных растворов ДНК). Используемые в работе соединения платины относятся к потенциальным противоопухолевым препаратам, так как представляют собой модификацию известного противоопухолевого препарата цис-диаминодихлорплатины (цис-ДДП). Высокая противоопухолевая активность цис-ДДП, обусловленная ее связыванием с молекулой ДНК в клетке, сопровождается развитием тяжелых побочных эффектов, ограничивающих возможность применения этого препарата в клинике. В связи с этим проводится поиск новых противоопухолевых препаратов из числа координационных соединений платины. Эксперименты на уровне модельных систем являются достаточно простым и эффективным тестом на сравнение молекулярного механизма действия новых препаратов и цис-ДДП.

Соединения платины, используемые в работе, были синтезированы в Санкт-Петербургской химико-фармацевтической академии доцентом Яковлевым К.И. В работе использовали два соединения двухвалентной платины: одно биядерное соединение с пиримидиновым лигандом: транс-$[\{(NH_3)_2PtPy\}_2\text{-}NH_2\text{-}(CH_2)_6\text{-}NH_2]Cl_4$, второе соединение с имидазолом в первой координационной сфере платины: транс-$[Pt(NH_3)_2(Imd)_2]Cl_2$. Необходимо отметить большую перспективность изучения биядерных комплексов двухвалентной платины с точки зрения их малой токсичности по сравнению с цис-ДДП.

В работе использовали два образца ДНК тимуса теленка фирмы “ SIGMA” (США). Молекулярная масса ДНК была определена по значению характеристической вязкости в 0.15 M NaCl и составила $12{,}5\cdot10^6$Да и $6\cdot10^6$ Да. В работе использовали спектральные и гидродинамические методы (метод кругового дихроизма, УФ спектроскопия, низкоградиентная вискозиметрия, динамическое двойное лучепреломление), позволяющие следить за состоянием вторичной и третичной структуры ДНК в процессе взаимодействия с соединениями платины. Исследование комплексов соединений платины с ДНК проводилось при двух значениях ионной силы раствора 0.005 M и 1 M NaCl. Это обеспечивало возможность выделения роли электростатических взаимодействий при комплексообразовании. Анализ спектров кругового дихроизма свободной ДНК и ДНК в комплексе с соединениями платины при различных концентрациях платины в растворе показал, что происходят конформационные изменения ДНК при взаимодействии. Методом низкоградиентной вискозиметрии были получены характеристические вязкости ДНК в комплексе с биядерным соединением в 0.005 M NaCl при разных концентрациях платины. Аналогичные результаты были получены и для соединения с имидазолом в 0.005 M и 1 M NaCl Концентрационные исследования показали, что в процессе взаимодействия этих соединений с ДНК реализуется координационная связь платины с макромолекулой. Комплексы были изучены с помощью метода динамического двойного лучепреломления. Сочетание этих данных с результатами, полученными методом вискозиметрии, позволило получить информацию о поведении оптической анизотропии ДНК в процессе взаимодействия. В работе проводится сравнение полученных данных с результатом влияния связывания цис-ДДП с ДНК на конформацию макромолекулы в растворе.

УДК 541 64 535 5 532 54

Методы анализа временной зависимости электрического двойного лучепреломления в растворах полимеров

Добрун Лилия Александровна
Научный руководитель:
Михайлова Мария Евгеньевна, канд. физ.-мат. наук,
физический факультет СПбГУ.

Измерение электрического двойного лучепреломления (ЭДЛ) в растворах полимеров является эффективным методом изучения ориентационной кинетики макромолекул. Анализ временных зависимостей ЭДЛ, полученных после включения и выключения импульсного электрического поля прямоугольной формы, позволяет получить данные о спектре времен свободной релаксации макромолекул исследуемого полимера. Зависимость приведённого спада электрооптического эффекта $\frac{\Delta n(t)}{\Delta n(0)}$ с учетом полидисперсности по временам релаксации τ может быть представлена в следующей форме:

$$\frac{\Delta n(t)}{\Delta n(0)} = \int_0^\infty \Psi(\tau) e^{-\frac{t}{\tau}} d\tau, \qquad (1)$$

где $\Psi(\tau)$ – функция распределения по временам релаксации.

Современные компьютерные методы позволяют проводить анализ автокорреляционных функций спада и определять не только средние времена релаксации, но и функции распределения по временам релаксации в дискретном и непрерывном представлении.

В настоящей работе проведен анализ автокорреляционных функций спада ЭДЛ, измеренных в разбавленных растворах сульфированного полистирола со степенью полимеризации 1000, содержащего 1,35% ионогенных SO_3Na групп, в хлороформе с использованием пакетов программ Origin и DynaLS.

Средние времена релаксации рассчитывали из площади, ограничиваемой кривой спада ЭДЛ, используя пакет программ Origin.

Анализ полидисперсности образца по временам релаксации проводили с использованием Peeling метода, метода регуляризации и дискретной экспоненты. В первом случае были построены зависимости $\ln\frac{\Delta n(t)}{\Delta n(0)}$ от времени t. В монодисперсном случае эта зависимость имеет вид прямой, из наклона которой можно рассчитать величину времени свободной релаксации. В случае полидисперсного образца зависимость $\ln\frac{\Delta n(t)}{\Delta n(0)}$ от t представляет собой ломаную линию. Наклон каждой линии соответствует времени релаксации одного из релаксационных процессов ЭДЛ. Метод позволил выделить два релаксационных процесса.

Пакет программ DynaLS позволяет найти дискретный и непрерывный спектры времён релаксации ЭДЛ. Непрерывный спектр является результатом решения интегрального уравнения Фредгольма I рода (1), содержащего в качестве искомой величины функцию распределения $\Psi(\tau)$, методом регуляризации.

Установлено, что непрерывный спектр времен релаксации сульфированного полистирола содержит два пика, положение максимумов которых совпадает со временами релаксации, определенными Peeling методом и методом дискретной экспоненты.

Рассеяние света растворами полиэлектролитов

Иванов Александр Вячеславович
Научный руководитель:
Филиппов Сергей Константинович, канд. физ.-мат. наук,
ассистент физического факультета СПбГУ

Полиэлектролитами – это полимеры, мономерные звенья которых содержат иогенные группы. В этих случаях макромолекулы приобретают ряд характерных электрических, конфигурационных и гидродинамических свойств.

Целью данной работы было исследование двух полиэлектролитов: гомополимера PDMDAAC и сополимера NaPAMS-PAM методами вискозиметрии, статического и динамического светорассеяния в разных концентрациях и разных ионных силах. Исследованные вещества являются поликатионами и могут быть использованы в различных областях человеческой деятельности, таких как фармакология и парфюмерия. Их исследование особенно интересно в связи с тем, что они являются поверхностноактивными веществами (ПАВ).

Определены физико-химические характеристики образца PDMDAAC: молекулярный вес, радиус инерции и второй вириальный коэффициент. Полученное значение молекулярного веса хорошо согласуется с данными опубликованными ранее.

На основании данных по динамическому рассеянию света можно сделать вывод, что в растворах исследованных полиэлектролитов присутствует два типа частиц: одиночные молекулы, которые совершают диффузию вместе с облаком противоионов и крупные частицы, которые представляют собой агрегаты из одиночных молекул и существующие в большей степени вследствие электростатических взаимодействий. Увеличение ионной силы, приводит к экранировке таких взаимодействий, что позволяет подавить их существование

Обнаружено обратное поведение размеров молекул при увеличении ионной силы раствора. Для всех ионных сил гидродинамические радиусы молекул возрастали с увеличением ионной силы раствора.

Рефракция света в холестерических жидких кристаллах

Котина Ирина Леонидовна

Научный руководитель: Ковшик Александр Петрович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Изучение распространения света в холестерических закрученных средах имеет важное фундаментальное и прикладное значение. Взаимодействие световой волны с закрученной средой зависит от соотношения между величинами шага спирали среды и длины волны падающего света.

Задачей представленной работы являлось изучение двойного преломления света в ХЖК в зависимости от шага спирали. Объектами изучения были смеси НЖК ЖК-250 и активной добавки 15CB в диапазоне концентраций 3,5%-30%. Для этих смесей измерялись показатели преломления методом призмы.

Поверхность обрабатывалась так, чтобы создавалась планарная ориентация молекул. При измерении показателей преломления на выходе из призмы видны два луча, соответствующие необыкновенному и обыкновенному показателям преломления.

Анализ поляризации выходящих лучей показал, что в ЖК матрице и при малой концентрации лучи поляризованы линейно и взаимоортогонально. Для остальных смесей наблюдается круговая поляризация выходящих из призмы лучей. При этом оптическая анизотропия смесей уменьшалась при увеличении концентрации активной добавки.

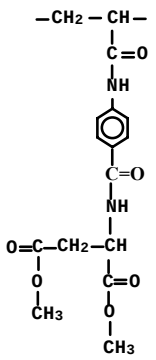
При этом было экспериментально показано, что в хиральных смесях с шагом спирали превышающем длину световой волны, необыкновенные показатели преломления уменьшаются при уменьшении шага спирали. Обыкновенные показатели преломления увеличиваются при уменьшении шага спирали. Показатели преломления ХЖК в изотропно-жидком состоянии мало отличаются от величины показателя преломления нематической матрицы.

Электрические и динамические свойства дендритных полимеров в разбавленных растворах

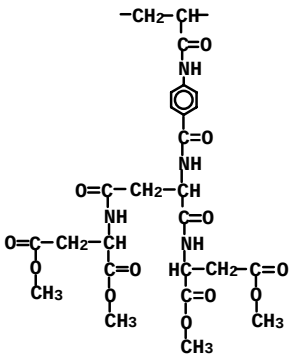
Кудрявцева Татьяна Михайловна

Научный руководитель: Цветков Николай Викторович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ.

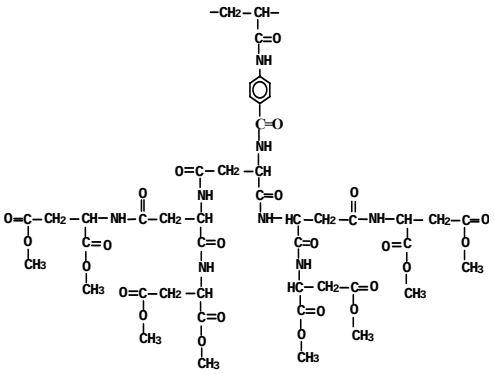
Методами двойного лучепреломления в потоке, вискозиметрии, равновесного и неравновесного электрического двойного лучепреломления и динамического светорассеяния исследованы линейные дендримеры первой, второй и третьей генерации на основе L-аспарагиновой кислоты. В линейных полимерах введены жесткие бензамидные фрагменты между регулярно разветвленными дендронами и основной акриловой цепью. Ниже представлены химические структуры исследованных полимеров.



P1-1



P1-2



P1-3

Исследования проводили в разбавленных растворах. В качестве растворителей использовали дихлоруксусную кислоту (ДХУК), ДХУК+0.3 M LiCl, ДМАА, N-метилпирролидон и *о*-толуидин.

Проведен анализ конформационных, динамических и электрооптических характеристик дендронизованных макромолекул в этих растворителях. Особое внимание уделено исследованию роли внутримолекулярных водородных связей в формировании макромолекулярных характеристик изученных цилиндрических дендримеров.

Обнаружено, что в органической кислоте, где происходит разрыв системы внутримолекулярных водородных связей, невозмущенные размеры полимерных клубков возрастают (увеличивается равновесная жесткость основной цепи) при резком одновременном падении кинетической жесткости макромолекул (по сравнению с таковыми в о-толуидине). Переориентация макромолекул линейных дендримеров во внешних электрических полях происходит за счет движений малых, по сравнению со всей макромолекулой, фрагментов цепи. Эти изменения отличают дендронизованные полимеры от линейных, в которых разрыв водородных связей обычно сопровождается одновременным падением как кинетической, так и равновесной жесткости макромолекул.

Исследование колончатых β-циклодекстринов в водных растворах

Лутиков Михаил Владимирович
Научный руководитель:
Филиппов Сергей Константинович, канд. физ.-мат. наук,
ассистент физического факультета СПбГУ

Исследование супрамолекулярных наноразмерных структур, имеет большое прикладное значение. К числу таких систем относятся β-циклодекстрины и их аддукты. Нами были изучены физико-химические свойства водных растворов двух фракций колончатых β-циклодекстринов (β-ЦД) (Рисунок 1).

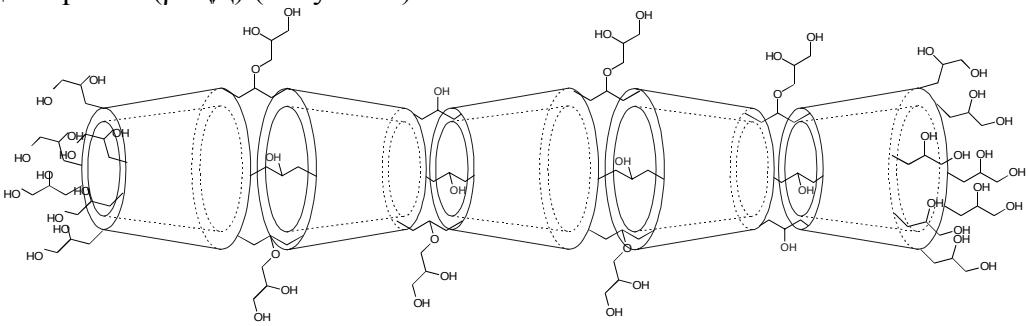


Рисунок 1. Химическая структура исследованных систем.

С помощью методов вискозиметрии и светорассеяния были определены коэффициенты поступательной диффузии D_o и характеристической вязкости [η] обоих образцов. Значения коэффициентов D вычисляли из наклона линейной зависимости обратного времени релаксации τ от квадрата волнового вектора q. Гидродинамический радиус частиц R_h был рассчитан по формуле Стокса для сплошных частиц сферической формы. Сопоставление экспериментальных значений D_o и [η] позволило оценить молекулярную массу обоих образцов. Для установления формы частиц в растворах экспериментальные значения коэффициента их поступательной диффузии были сопоставлены с теоретическими, рассчитанными по формулам для сплошного тонкого цилиндра.

Сравнительное изучение свойств свободной ДНК и ее комплексов с красителем в обычной и тяжелой воде

Могучева Юлия Геннадьевна, Носова Ольга Владимировна
Научный руководитель:
Сибилева Майя Александровна, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

Задачей настоящей работы было изучение поведения тяжеловодных растворов свободной ДНК и в присутствии красителя - сульфированного дифталоцианина скандия (СДФЦSc). Использовали образец ДНК из селезенки крупного рогатого скота (ДНК-СКРС-А) с молекулярной массой $1{,}5*10^7$ Да, определенной по величине характеристической вязкости $[\eta]$ в 0,15 М NaCl с использованием формулы Эйгнера и Доти $[\eta]_0 = 6{,}9*10^{-4}$ М ^{0,7} [1].

Молекула красителя представляет собой соль, катионом которой является NH_4^+, а анионом - двухпалубный макроцикл, имеющий заряд 4^- за счет четырех ковалентно присоединенных сульфогрупп $(SO_3)^-$. Поэтому поддерживающим электролитом выбрана соль NH_4Cl. Ее концентрация в растворе была C_s = 0,001 и 0,005 М. Применяли тяжелую воду фирмы “Изотоп” с содержанием D_2O 99,9% (оксид дейтерия с кислородом природного изотопного состава).

Интерес к названной теме вызван тем, что тяжелая вода обладает рядом любопытных свойств, в частности D_2O увеличивает стабильность биополимеров (белков и ДНК), повышает их температуры плавления. Ранее в нашей лаборатории были изучены оптические и вискозиметрические свойства водно-солевых (0,001 М NH_4Cl) растворов в обычной воде (H_2O) этого образца ДНК в свободном состоянии и в присутствии двух красителей - СДФЦLu и СДФЦSc [2]. Содержание последних r (отношение молярных концентрации связанного красителя и нуклеотидной пары) изменяли в пределах r = 0,01 - 0,2. Спектрофотометрическое титрование (СФ-титрование) растворов красителей растворами ДНК в области длин волн λ = (330-1100) нм показало, что в данных условиях образуются комплексы анионов красителей с полианионной молекулой ДНК. Величина $[\eta]$ (под действием красителей) с ростом r падает в 2 раза по сравнению с $[\eta]$ свободной ДНК. При этом компактизация молекулы ДНК происходит по-разному: постепенно в случае СДФЦLu, и резко - в случае СДФЦSc.

Как показали наши измерения, при увеличении ионной силы до 0,005 М NH_4Cl в H_2O оба красителя компактизуют ДНК одинаково и в значительно меньшей степени, чем в 0,001 М NH_4Cl. Различия в характере зависимостей $[\eta] = f(r)$ для двух ионных сил (0,001 и 0,005 М NH_4Cl), обусловлены более сильной экранировкой фосфатов ДНК солью NH_4Cl в 0,005 М.

Для растворов в тяжелой воде получены иные результаты. Установлено, что в D_2O при C_s = 0,001 М NH_4Cl отсутствует кооперативное связывание красителя СДФЦSc с ДНК, как это имело место в H_2O. Этот факт, по-видимому, говорит о том, что образование комплексов в D_2O затруднено по сравнению с H_2O. В то же время, оценка констант связывания $K_{св}$ ~10^4 M^{-1} приводит к примерно таким же величинам, как и наблюдавшиеся в H_2O.

Вискозиметрические результаты сводятся к следующему: в присутствии D_2O свободная молекула ДНК имеет меньшие размеры по сравнению с наблюдаемыми в H_2O. То же самое справедливо для комплекса с СДФЦSc с r = 0,2. Сказанное верно для обоих использованных ионных условий: C_s = 0,001 и 0,005 М NH_4Cl.

Литература

[1] *Eigner J., Doty P.* // J. Mol. Biol. 1965. V. 12. P. 549

[2] *Сибилева М.А., Кульвелис Ю.В., Сибилев А.И., Москалев П.Н.* // Журн. физ. химии (прилож. к журналу, англ.), сент. 2005

Влияние анионов неорганических и органических солей на свойства молекулы поли-N-винилкапролактама в водных растворах

Носова Ольга Владимировна, Могучева Юлия Геннадьевна, Задворкина Татьяна Викторовна
Научный руководитель:
Сибилева Майя Александровна, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

Поли-N-винилкапролактам (ПВКЛ) - это водорастворимый карбоцепной полимер с амидной группой в боковом заместителе. Молекула ПВКЛ может служить моделью природных полимеров с амидной группой - белков. ПВКЛ замечателен еще и тем, что имеет нижнюю критическую температуру растворения (или фазового разделения $T_{ф.р.}$). Измерение $T_{ф.р.}$ и другие методы (например, вискозиметрия) позволяют наблюдать изменение размеров и других свойств макромолекул под воздействием различных факторов - температуры, добавок солей и др. Для молекул ПВКЛ $T_{ф.р.}$ лежит в области физиологических температур: для раствора нашего образца (M=960 кДа) в H_2O она равна 31,9^{0}C, а в D_2O - 31.3^{0}C.

Целью первой части работы было выяснение влияния различных солей и температуры на размеры молекул ПВКЛ в растворе. Измеряли характеристические вязкости [η] ПВКЛ в воде и в присутствии солей: NaF, NaCl, NaBr, NaJ, NH_4Cl, $MgSO_4$. Варьировали их концентрацию C_s=(0,05-2,5)M и температуру (10-30)^{0}C.

Проведенные нами исследования говорят о том, что анионы данных солей связываются с ПВКЛ опосредованно через воду, как было указано в литературе для поли-N-винилпирролидона. По своему влиянию на [η] и $T_{ф.р.}$ ПВКЛ изученные нами соли можно разделить на две группы. В первой группе (NaCl, NH_4Cl, NaF, $MgSO_4$) с увеличением C_s происходит понижение обоих изучаемых параметров, а во второй (NaBr, NaJ) - повышение этих параметров при малых C_s и постоянство или незначительное уменьшение при дальнейшем росте C_s. Интересно, однако, отметить, что все данные, полученные для разных солей и температур, выстраиваются в единую зависимость в координатах [η] = f(1-$T/T_{ф.р.}$). Аналогичная картина наблюдалась ранее для водно-солевых растворов полиэтиленоксида.

Во второй части работы было исследовано влияние на ПВКЛ анионов сложного двухпалубного строения - водорастворимых сульфированных дифталоцианинов Lu и Sc (СДФЦLu и СДФЦSc). Они имеют заряд 4- за счет ковалентно присоединенных $(SO_3)^{-1}$ - групп и обладают противовирусной активностью (вирус саркомы Рауса).

Нами были изучены оптические и гидродинамические свойства водных и водно-солевых (NH_4Cl) растворов с содержанием C_s = 0,001 и 0,005M и при разных величинах r_0 (или r) - мольного отношения введенного r_0 (или связанного r) красителя к мономерному звену полимера. В области 330-1100 нм наблюдали изменения в спектрах красителя при введении в раствор полимера, что свидетельствует о связывании красителя с полимером и образовании комплексов. С помощью модели Скэтчарда проведены расчеты и по этим данным оценены параметры связывания. С учетом этих параметров были приготовлены комплексы с различными величинами r и измерены $T_{ф.р.}$ и [η], как функции r.

Опыт показал: а) возрастание $T_{ф.р.}$ с ростом r и тем более сильное, чем меньше C_s; б) наличие полиэлектролитного эффекта вязкости для водных растворов, который снимается даже незначительным добавлением соли (до 0,001M); в) объем молекул комплексов ПВКЛ с красителями (величина [η]) увеличивается с ростом r и тем сильнее, чем меньше C_s и выше температура. Эти факты говорят об образовании из незаряженной молекулы ПВКЛ полиэлектролитной. Поэтому (вследствие расталкивания одноименных зарядов на цепи) [η] комплексов с обоими красителями повышается с ростом r.

Высказываются предположения о возможных механизмах образования комплексов.

Взаимодействие молекулы ДНК с двухвалентными ионами металлов в спирто-водных растворах

Перевязко И. Ю.

Научные руководители: Зырянова Ирина Михайловна , науч. сотр. НИИ физики СПбГУ
Касьяненко Нина Анатольевна, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Исследование конформационных превращений в молекуле нативной ДНК, происходящих под влиянием различных растворителей, может способствовать пониманию условий функционирования макромолекулы в биолгических системах. Наиболее естественно применять смешанные растворители, одним их которых является вода. Для изменения качества растворителя удобно воспользоваться спиртами, которые хорошо смешиваются с водой и значительно менее полярны. Ранее в нашей лаборатории подробно изучалось влияние водно-спиртовых растворителей на молекулярную структуру ДНК. Было показано, что при концентрации этанола порядка 20 объемных % происходит конформационный переход ДНК, сопровождающийся резким уменьшением объема макромолекулы в растворе [1]. Этот переход был объяснен изменением структуры растворителя. Наблюдалось уменьшение этого эффекта при возрастании ионной силы раствора, что, по мнению авторов, было обусловлено влиянием ионов на структуру воды. Вторичная структура ДНК в процессе этого конфоромационного перехода не менялась. При существенно больших концентрациях этанола в 0,0005 M NaCl (около 80%) реализуется B-A конформационный переход. Кроме того, спирт является осадителем ДНК. Поэтому при определенных его концентрациях в растворе происходит фазовое разделение и выпадение ДНК в осадок. В некоторых случаях в присутствии двухвалентных ионов при определенных соотношениях спирт-вода в растворе может происходить конденсация ДНК с образованием тороидальных частиц [2].

В предлагаемой работе мы изучали влияние различных концентраций соли $MgCl_2$ на конформационные переходы ДНК, реализуемые в спирто-водных растворах. Ранее было показано, что Mg2+ связывается с молекулой ДНК по фосфатным группам, вызывая уменьшение объема молекулярного клубка в растворе без изменения персистентной длины макромолекулы. При этом реализуется равновесное связывание ионов Mg2+ с молекулой ДНК. Изменение растворителя путем добавления разных концентраций этанола приводит к изменению электростатических взаимодействий. Это может проявиться как в модификации взаимодействия ионы - ДНК, так и во влиянии растворителя на третичную структуру макромолекулы.

В работе показано, что присутствие ионов магния в растворе ДНК в 0,005 M NaCl вызывает компактизацию ДНК при тех же концентрациях спирта, что и в отсутствии Mg2+, хотя изменение размеров ДНК при этом меньше. Присутствие ионов магния влияет также и на процесс осаждения ДНК в спирто-водных растворах. Присутствие магния приводит к существенному уменьшению критической концентрации спирта в растворе: осаждение ДНК наблюдается уже при концентрациях спирта порядка 50 объемных %.

1. Фрисман Э. В., Веселков А. Н., Слоницкий С. В., Воробьев В. И. ДАН СССР, 1974, т.214, с.468.
2. Ma C., Bloomfield V. Biophys. J., 1994, v. 67, p. 1678.

Физические свойства фуллеренсодержащих полимеров на примере полистрола, модифицированного C_{60}

Хлябич Петр Петрович
Научный руководитель:
Евлампиева Наталья Петровна, канд. физ.-мат. наук, доцент,
ст. науч. сотр. НИИ физики СПбГУ

Фуллерены или каркасные углеродные наночастицы обладают уникальными нелинейно-оптическими и фотофизическими свойствами [1], а также биологической активностью [2]. Однако, непосредственное практическое применение ценных физических свойств фуллеренов затруднено в силу их химической активности и плохой растворимости в большинстве известных растворителей. Решением этих проблем является химическая модификация фуллеренов за счет ковалентного присоединения различных адендов к каркасу фуллерена, что, как правило, не изменяет в значительной мере их физические свойства, указанные выше, но существенно улучшает растворимость этих объектов. Создание фуллеренсодержащих полимеров - один из возможных способов модификации фуллеренов. Такие соединения являются пленкообразующими и хорошо растворимыми в органических растворителях, что позволяет получать из них новые материалы для нелинейной оптики и гибкие фоточувствительные материалы для производства солнечных батарей [3].

В данной работе были исследованы молекулярные свойства полистирола (ПС), модифицированного фуллереном C_{60}, в сравнении с исходным аналогом близкого молекулярного веса методами вискозиметрии, изотермической поступательной диффузии, электрооптического эффекта Керра и диэлектрической поляризации молекул в растворах. Структурная формула исследованного фуллеренсодержащего образца $PS_6C_{60}(CD_3)_6$ приведена на рис. 1. Каждая макромолекула этого образца представляла собой 6-лучевую звезду с фуллереном ядром, имеющим шесть полимерных адендов и столько же низкомолекулярных адендов -дейтерированных метильных групп CD_3. Молекулярная масса каждой PS ветви составляла 4000.

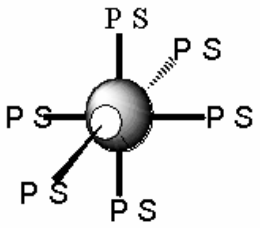


Рис.1.

В работе показано, что ковалентное включение C_{60} в состав ПС значительно изменяет диэлектрические, электрооптические и гидродинамические характеристики молекул $PS_6C_{60}(CD_3)_6$ в сравнении с теми же молекулярными характеристиками исходного ПС.

[1] Белоусов В.П., Белоусова И.М., Будтов В.П., Данилов О.Б. и др. // Оптический журнал. 1997. Т.64. №12. С.3-37.

[2] Bosi S., Da Ros T., Spalutto G., Prato M. // J. Medicinal Chem. 2003. V. 38. P. 913-923.

[3] Silence S.M., Walsh C.A., Scott J. C., Moerner W.E. // Appl. Phys. Lett. 1992. V. 61. N25. P. 2967-2969.

Н. Заседание секции

"Физика полимеров, биополимеров, жидких кристаллов и дисперсных систем"

Аудитория В-04
1 ноября 2005 года, вторник, 16:00

Изучение радиопротекторных свойств катехина в водно-солевых растворах ДНК

Ершов Дмитрий Сергеевич
Научный руководитель:Пастон Софья Владимировна, к. ф.-м. н., ассистент физического факультета СПбГУ

Одной из важных задач радиобиологии является поиск веществ, способных эффективно защищитить молекулу ДНК – носителя генетической информации в организме – от радиационных повреждений. В литературе существуют сведения о том, что радиопротекторными свойствами могут обладать некоторые вещества растительного происхождения. К ним, например, относятся катехины. Они принадлежат к классу флавоноидных соединений, входят в состав чая, кофе, винограда, и т.д. В настоящей работе исследуются радиопротекторные свойства одного из таких веществ: (+)-катехина.

Изучали результат действия гамма-облучения (производилось на установке ЛМБ-γ-I (^{137}Cs)) на растворы ДНК, содержащие разные концентрации катехина (“Sigma”, США) при ионной силе μ=0.003 M NaCl. Использовали водно-солевые растворы ДНК малой концентрации. Молекулярная масса тимусной ДНК фирмы “Sigma” (США) была определена вискозиметрически и составила $11{,}4\cdot10^6$ Da. Исследования проводили при температуре 21° C методами низкоградиентной вискозиметрии и УФ-спектрофотометрии.

Известно, что гамма облучение дозами до 30 Гр растворов ДНК умеренной ионной силы вызывает уменьшение удельного объема макромолекулы без изменения ее термодинамической жесткости. Определяя величину характеристической вязкости ДНК, пропорциональной удельному объему макромолекулы, можно фиксировать повреждающее действие радиации. Такие исследования были проведены в присутствии и в отсутствии катехина. Контроль за состоянием вторичной структуры ДНК в процессе исследований осуществлялся с помощью спектральных методов.

Исследования показали, что в условиях эксперимента катехин, по-видимому, не образует устойчивых комплексов с молекулой ДНК в растворе. Катехин имеет полосу поглощения, перекрывающуюся со спектром поглощения ДНК (λ_{max}=280 нм). Опыт показал, что при облучении растворов катехина интенсивность спектра поглощения незначительно возрастает с ростом дозы. Можно предположить, что это связано с изменением межмолекулярных взаимодействий в растворе (например, возможно разрушение димеров катехина). При используемой в работе дозе облучения 10 Гр спектральные свойства ДНК не изменяются, что говорит о целостности ее вторичной структуры, а величина характеристической вязкости значительно уменьшается. Облучение растворов ДНК при тех же условиях в присутствии катехина ($C=1{,}3\cdot10^{-4}$ М/л) не приводит к такому падению вязкости.

Результаты исследований позволяют предположить, что (+)-катехин обладает радиопротекторными свойствами. Подобные исследования, выполненные при разных концентрациях катехина, свидетельствуют, что при данной дозе максимальная защита наблюдается при $C_{кат}>5\cdot10^{-5}$ М/л . Однако, полной защиты ДНК от радиационного поражения катехин в условиях эксперимента не обеспечивает.

Электрооптика сульфированного полистирола в толуоле и хлороформе

Матвеева Ирина Николаевна, Байтуха Алиби Женатович

Научные руководители: Лезов Андрей Владимирович, профессор, д-р физ.-мат. наук, Ковшик Светлана Александровна, канд. физ.-мат. наук, ассистент физического факультета СПбГУ

В ряду ассоциирующих полимеров важное место занимает сульфированный полистирол (СПС). Для СПС, молекулы которого содержат 1,35 мол.% натрийсульфонатных групп, обнаружены аномальные концентрационные зависимости приведенной вязкости, коэффициента поступательной диффузии и седиментации в м-ксилоле. Показано, что это вызвано образованием агрегатов молекул иономера за счет притяжения между натрийсульфонатными группами [1].

В настоящей работе методами электрического двойного лучепреломления (ЭДЛ) и диэлектрической спектроскопии исследована ориентационная релаксация молекул СПС, которые содержали 0,5; 1,35 и 2,6 мол.% SO_3Na групп, и 1.28 мол.% SO_3Zn групп, в хлороформе и толуоле.

Анализ частотных и временных зависимостей диэлектрической проницаемости и двойного лучепреломления раствора позволил установить спектр времен ориентационной релаксации при различных концентрациях растворов СПС. Обнаружено, что при больших концентрациях раствора в спектре наблюдается несколько компонент, характеризующих вращательную подвижность ассоциатов различного состава. По мере уменьшения концентрации раствора в спектре времен релаксации возрастает доля быстрых релаксационных процессов, что свидетельствует об уменьшении степени агрегирования молекул СПС. В области предельно малых концентраций раствора релаксационный спектр содержит одну компоненту, характеризующую вращательную подвижность молекул СПС. Установлена зависимость спектра времен релаксации и среднего времени от состава молекул СПС. Показано, что концентрационная зависимость среднего времени релаксации может быть описана в рамках модели “открытой ассоциации”.

1. А.В.Лезов, А.Б.Мельников, Е.И.Рюмцев, Е.А.Лысенко, К.Н.Бакеев, W.J.MacKnight, А.Б.Зезин, В.А.Кабанов. Высокомолек.соед. А. 1998. Т. 40. № 4. С. 625.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (номер проекта 02-03-32749)

Термофоретическое движение заряженной коллоидной частицы в растворе электролита

Треногин Андрей Викторович
Научный руководитель:
Морозов Константин Иванович, д-р физ.-мат. наук,
профессор физического факультета ПГУ

В настоящее время интенсивно изучаются ионные коллоидные системы. Такие системы состоят из заряженных частиц (характерный размер R), находящихся в растворе электролита. Ионы последнего формируют вокруг частиц защитный дебаевский слой толщиной D, предотвращающий чрезмерное сближение частиц и их последующую коагуляцию. Интересное явление наблюдается при помещении ионного коллоида в температурное внешнее поле, в результате чего возникает движение коллоидных частиц вдоль температурного градиента. Данное явление называется термофорезом. Выяснению причин возникновения термофореза в ионных коллоидах и расчету скорости термофоретического движения и посвящена данная работа.

Мы считаем, что радиус коллоидных частиц значительно превышает как толщину дебаевского слоя, так и размеры ионов и молекул несущей жидкости. Это позволяет рассматривать последние как сплошную среду, а саму коллоидную частицу моделировать заряженной плоскостью. В задаче также удобнее определять не саму скорость частицы $\boldsymbol{V}$, а связанное с ней поле скоростей $\boldsymbol{u}(\boldsymbol{r})$ окружающей жидкости. Пусть вдоль плоскости создан однородный температурный градиент $\nabla T = (A, 0, 0)$. Нормаль к плоскости направляем вдоль оси z. Появление температурного поля вызывает перераспределение ионов дебаевского слоя вблизи заряженной плоскости, что приводит в конечном счете к движению жидкости со скоростью $\boldsymbol{u} = (u_x(z), 0, 0)$. Определим направление скорости движения жидкости и его величину. Сразу отметим, что скорость $\boldsymbol{V}$ термофоретического движения коллоидных частиц связана со скоростью жидкости соотношением: $\boldsymbol{V} = -\boldsymbol{u}(z\to\infty)$.

Для расчета поля скорости жидкости используем стационарное уравнение Навье-Стокса, записанное в приближении малых чисел Рейнольдса:

$$\eta\Delta\boldsymbol{u} - \nabla p + \boldsymbol{f} = 0. \qquad (1)$$

Здесь p – давление в жидкости, η - ее динамическая вязкость, $\boldsymbol{f}$ - сила, действующая на жидкость со стороны заряженной частицы. Значение $\boldsymbol{f}$ находим аналитически из рассмотрения задачи диффузии ионов и противоионов в электростатическом поле заряженной частицы в однородном температурном поле ∇T. Подставляя рассчитанное значение $\boldsymbol{f}$ в уравнение (1), получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение 4-ого порядка относительно функции тока Ψ:

$$\eta\Delta\Delta\Psi = 2n_\infty k_B A\,\Phi_0'\,[D^2\kappa\,\Phi_0'' - \Phi_0\,\mathrm{ch}\,\Phi_0], \qquad (2)$$

где n_∞ - концентрация ионов вдали от плоскости, k_B – постоянная Больцмана, κ - логарифмическая производная диэлектрической проницаемости по температуре, $\Phi_0 = \Phi_0(z)$ - безразмерный электростатический потенциал, и штрихи обозначают производные по координате z. В результате решения этого уравнения с соответствующими граничными условиями рассчитана скорость $\boldsymbol{V}$ термофоретического движения заряженной коллоидной частицы в растворе электролита. Установлено, что коллоидные частицы движутся в более холодные слои жидкости, что соответствует данным экспериментов. Оценка значений скорости $\boldsymbol{V}$ также находятся в разумном согласии с опытными данными.

Исследование ячейки сегнетоэлектрического жидкого кристалла методом генерации второй и третьей оптических гармоник

Шебаршин Алексей Васильевич
Научный руководитель:
Мурзина Татьяна Владимировна, к. ф.-м. н., с. н. с. физич. ф-та МГУ

Жидкие кристаллы (ЖК) интенсивно исследуются на протяжении нескольких десятков лет из-за их обширного технического применения. Одним из интересных типов являются смектические ЖК, которые при определенных условиях могут обладать спонтанной поляризацией (СП). Исходя из симметрийных предположений, СП может быть у смектических ЖК, состоящих из хиральных молекул и не имеющих поэтому плоскости симметрии.

Целью настоящей работы является исследование температурной зависимости интенсивности ВГ и ТГ для сегнетоэлектрической ячейки ЖК (R)-12OF1m7 толщиной 5 мкм в окрестности структурного фазового перехода. Для изготовления образцов был использован хиральный смектический антисегнетоэлектрический жидкий кристалл (ЖК) (R)-1-метилгептил~ 4 - (4' - додецилоксибифенил - 4 - илкарбонилокси) - 3 - фторобензоат с акронимом (R)-12OF1M7. Соединение (R)-12OF1M7 и сегнетоэлектрическая жидкокристаллическая ячейка синтезирована в г. Халл, Великобритания.

На рисунке 1а. (1б.) представлена температурная зависимость интенсивности ВГ (третьей гармоники (ТГ)) для сегнетоэлектрической ячейки жидкого кристалла (R)-12OF1M7 толщиной 5 мкм. Красные точки – нагрев, синие точки – охлаждение. Эксперимент проводился в геометрии на отражение, угол падения зондирующего излучения с длиной волны 1064нм, длительностью импульса 15нс и частотой повторения 25Гц, составлял 30°.

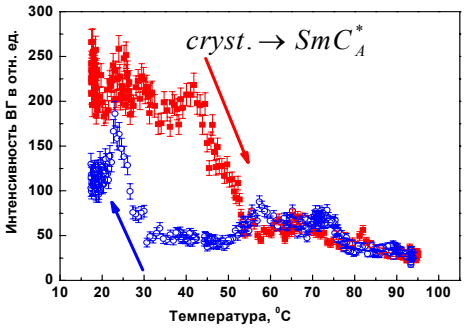


Рис.1а.

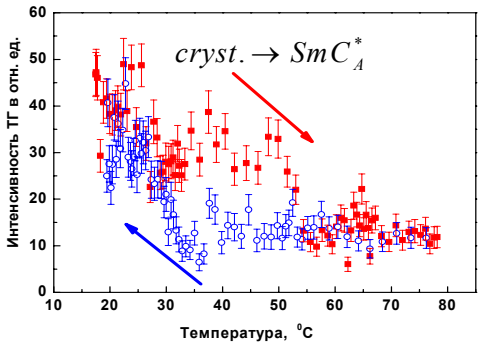


Рис.1б.

Исследована генерация ВГ в сегнетоэлектрической ячейке жидкого кристалла (R)-12OF1m7. Так же как и в объёмном материале обнаружен сегнетоэлектрический фазовый переход (ФП) первого рода из кристаллической в смектическую антисегнетоэлектрическую фазу cryst. $\rightarrow$ SmC^*_A. В обоих случаях переход оказался в районе 50^0C. Не обнаружено образование сегнетоэлектрической фазы в области температур 92-93^0C, которая присутствует в объёмном материале.

Обнаружена генерация третьей оптической гармоники в сегнетоэлектрической ячейке жидкого кристалла (R) - 12OF1m7 толщиной 5 мкм. Был обнаружен гистерезис интенсивности третьей оптической гармоники, соответствующий сегнетоэлектрическому ФП первого рода cryst. $\rightarrow$ SmC^*_A в районе 50 ^{0}C.

Расчет стекинг-димера аденина полуэмпирическими и неэмпирическими методами

Муртазина Татьяна Михайловна

Научный руководитель: Чижов Юрий Владимирович,
доцент физического факультета СПбГУ

В неводных растворах и в кристаллическом состоянии основания нуклеиновых кислот, нуклеотиды и нуклеозиды ассоциируют путем образования водородных связей (горизонтальное комплементарное спаривание) в водных растворах, однако, наблюдается сильная ассоциация вертикального типа, при которой основания, располагаясь друг над другом в параллельных плоскостях, образуют «стопку» (межплоскостные или стекинг-взаимодействия).

В связи с исследованием люминесценции агрегатов азотистых основании в рамках проблемы возникновения жизни на Земле [2,3] была выдвинута гипотеза о самопроизвольной агрегации двух молекул аденина (а также молекул тимина или тимин-аденин) в водно-солевом растворе с образованием «плотно упакованного» стекинг-димера на расстоянии 2,9 ангстрем. Подобный димер мог бы рассматриваться как прототип первичной структуры ДНК, способный к самовоспроизведению. Также[1,2,3] было доказано наличие по крайней мере двух димеров аденина с разной структурой (углом поворота).

Нашей задачей являлся расчет стекинг-димера аденина полуэмпирическими и неэмпирическими методами, как в газовой фазе, так и в водном и водно-солевом растворе и нахождение гипотетической комплементарной конформации системы.

Расчет полуэмпирическим методом PM3 с полной оптимизацией геометрии дал в газовой фазе компланарную конформацию в качестве оптимальной по минимуму энергии. Было создано 10 исходных конформаций, каждая из которых отличалась от предыдущей поворотом молекул друг относительно друга на 30 градусов. Трудность состояла в том, что при различной начальной ориентации молекул аденина друг относительно друга оптимизация давала различные конечные конформации. Некоторые конечные конформации представляли собой стекинг-системы, но для дальнейших расчетов были выбраны три системы с наименьшей энергией. После этого система была помещена в кластер молекул воды размером от 60 до 120 молекул воды. Затем были добавлены ионы лития и водные мостики. Однако полуэмпирические расчеты не подтвердили существование стекинг - конфигурации молекул, что вынудило нас перейти к неэмпирическим расчетам методом теории функционала плотности на уровне B3LYP/6-31G. Расчет неэмпирическим методом в газовой фазе также не предсказал существование стекинг - конформации.

Расчет димеров в водной среде на уровне B3LYP/6-31G показал, что наиболее близкая к стекинг-димеру конформация состоит из молекул аденина, находящихся на расстоянии от 3,2 А и под углом порядка 14 градусов друг к другу. Оказалось, что энергия связи такого «стекинг-димера» всего на 0,0126 эВ превышает энергию двух молекул аденина. Это можно рассматривать как возможность существования стекинг-конформации в смеси других конформеров.

[1] С.М.Комаров. Исследование люминесценции аденина в водных растворах. Магистерская диссертация, Санкт-Петербург,2002

[2] В.Л.Рапопорт, А.И.Кононов Люминесцирующие конформеры аденинового динуклеотида с сильным экситонным взаимодействием между азотистыми основаниями. Докл.АН. СССР,1988,т298,1,с231-235.

[3] В.Л.Рапопорт Фотофизические процессы в компонентах нуклеиновых кислот и их комплексах с красителями. Дисс. на соискание учен. ст.д.ф.-м. н-М,1993

Исследование комплексов молекулы ДНК с полилизином

Дрибинский Борис Аркадьевич

Научный руководитель: Касьяненко Нина Анатольевна, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В последнее время большой интерес представляет изучение взаимодействия молекулы ДНК с синтетическими катионными полимерами, способными образовывать в водных растворах обратимые комплексы с молекулой ДНК. Такие комплексы могут быть использованы в генной инженерии для направленной передачи генетической информации в виде модифицированных молекул ДНК в клетки - мишени. Комплексы ДНК с синтетическими полимерами имеют большое преимущество по сравнению с другими системами, используемыми в качестве генных векторов (комплексы с использованием оболочек вирусов, липосом и др.), из-за высокой вариабельности, относительно низкой стоимости, устойчивости. ДНК - полимерные комплексы должны отвечать ряду требований. Во-первых, они должны представлять собой достаточно компактную структуру, чтобы проникнуть через клеточную мембрану. Во-вторых, процесс комплексообразования должен быть обратим. В-третьих, так как молекула ДНК имеет отрицательный заряд, для образования компактных структур она должна взаимодействовать с положительно заряженными полимерами. В настоящее время существует достаточно много данных о комплексообразовании ДНК с полимерами различной структуры и состава. Среди этих полимеров можно выделить полилизин, который является полипептидом, а, следовательно, проблема токсичности и выведения его из организма решается существенно проще.

В данной работе рассмотрены результаты комплексообразования молекулы ДНК с полилизином. Использовали поли-L-лизин фирмы "Sigma" (степень полимеризации n=270) и высокомолекулярную тимусную ДНК фирмы “Sigma”, молекулярная масса которой $M=12,5*10^6$ Да была определена вискозиметрически. Методами динамического светорассеяния, низкоградиентной вискозиметрии, динамического двулучепреломления, кругового дихроизма и УФ-спектрофотометрии изучали влияние полилизина на вторичную и третичную структуру молекулы ДНК в растворах малой (0,005 M NaCl) и большой (1 M NaCl) ионной силы. Было показано, что при соотношении концентраций полилизина и ДНК $C_{PLL}/C_{ДНК}$ (далее N/P) менее 1 вязкость растворов мало меняется, а затем при N/P >1происходит ее резкое падение до значения, практически совпадающего с вязкостью растворителя. Таким образом, мы фиксируем компактизацию ДНК при концентрациях полилизина, соответствующих компенсации зарядов полианионов и поликатионов в растворе. Образование компактных структур сопровождается уменьшением оптической анизотропии молекулы ДНК. Мы осуществили оценку размеров образующихся в этих условиях комплексов методом динамического светорассеяния. Опыт показал, что гидродинамический радиус ДНК при конденсации меняется практически на порядок. Образование компактных структур сопровождается изменением оптической плотности растворов. Данные, полученные методом кругового дихроизма (КД), свидетельствуют о существовании двух типов спектров КД ДНК: до и после конденсации. В работе проводится сравнение полученных данных с результатами подобных исследований, выполненных для других поликатионов.

I. Заседание секции

"Теоретическая, математическая и вычислительная физика"

Аудитория В-04
1 ноября 2005 года, вторник, 16:00

Абсолютная непрерывность спектра оператора Дирака в слое

Тронько Наталия Юрьевна

Научный руководитель: Суслина Татьяна Александровна, доктор физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

В последнее десятилетие активно изучается проблема абсолютной непрерывности спектра периодических операторов математической физики. Теория Флоке-Блоха показывает, что спектр таких операторов имеет зонную структуру. Однако из общих соображений не следует, что среди спектральных зон нет зон, выродившихся в точку. В случае вырождения соответствующая точка была бы собственным значением бесконечной кратности. Если вырожденных зон нет, то спектр периодического оператора абсолютно непрерывен.

В настоящей работе устанавливается абсолютная непрерывность спектра оператора Дирака с периодическими граничными условиями в слое (в пространстве, ограниченном параллельными стенками).

Получены также предварительные результаты для случая граничных условий типа Дирихле. Этот случай представляет несомненный интерес, так как доказательство абсолютной непрерывности спектра оператора в этом случае не укладывается в рамки известной схемы Томаса.

Представление дифференциальных операторов в базисе вэйвлетов

Яковлев Александр Сергеевич

Научный руководитель: Цыганов Андрей Владимирович, д.ф.-м.н.,
профессор физического факультета СПбГУ

Вэйвлеты – это достаточно новый математический инструмент, имеющий множество практических приложений. Они обладают рядом свойств, которые позволяют разрабатывать новые и улучшать старые методы вычислений. Особый интерес представляют биортогональные вэйвлеты с компактным носителем. Они часто используются для обработки сигналов. Кроме компактного носителя они обладают еще и тем преимуществом, что можно подобрать вэйвлет с необходимой гладкостью.

Оператор $\frac{d^n}{dx^n}$ в базисе вэйвлетов будет представлять из себя блочную матрицу, операторы $P_n(x)$ – в этом базисе – диагональную матрицу. Переход от одного разбиения пространства $L_2(x)$ к другому осуществляется преобразованием подобия. Представленный метод может быть интерпретирован как разновидность метода Галеркина. Преимущество этого метода заключается в том, что переходить от одного разбиения к другому очень легко, так же есть возможность постепенно расширять пространство решений, используя при этом уже полученные результаты не производя все вычисления заново.

Метод был опробован на задаче по вычислению собственных значений и собственных функций системы ангармонического осциллятора. В дальнейшем планируется использовать этот метод для решения дифференциальных уравнений с сингулярными потенциалами, которые возникают при решении задач ядерной физики.

Новые квази-точно решаемые модели двумерной суперсимметричной квантовой механики

Валиневич Павел Анатольевич

Научный руководитель: Иоффе Михаил Вульфович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Суперсимметричная квантовая механика является мощным инструментом для анализа точно решаемых и интегрируемых квантовых моделей. В ее основе лежат соотношения сплетания, решение которых позволяет найти квантовые гамильтонианы (шредингеровского вида), обладающие суперсимметрией, и определить соответствующие им операторы суперзаряда. Для одномерных систем известны все решения таких соотношений для случаев, когда сплетание происходит оператором первого, второго и третьего порядка по импульсам. В случае двух пространственных измерений и сплетающего оператора второго порядка общее решение соотношений сплетания неизвестно.

Предлагается новый подход для поиска решения таких соотношений с помощью представления сплетающего оператора в квази-факторизованном виде. В рамках этого подхода найдены новые гамильтонианы, обладающие полиномиальной суперсимметрией. В общем случае потенциалы взаимодействия выражаются через эллиптические функции Якоби и являются периодическими функциями обеих пространственных переменных. У этих моделей, благодаря наличию полиномиальной суперсимметрии, появляется дополнительное свойство – интегрируемость; оператор симметрии четвертого порядка по импульсам получен в явном виде.

Некоторые из построенных гамильтонианов обладают свойством форм-инвариантности, что позволяет найти для них часть спектра энергий и соответствующие волновые функции. Еще часть собственных значений гамильтониана получается с использованием недавно предложенного метода суперсимметричного разделения переменных. Для одной из полученных непериодических моделей, названной нами двумерным обобщением потенциала Пешля-Теллера, получены явные выражения для спектра энергий и волновых функций. Поскольку упомянутые методы не гарантируют нахождения всех собственных функций, модель можно отнести к классу квази-точно решаемых.

Точные результаты для вероятностей переходов в обобщенной модели Ландау-Зинера

Волков Михаил Валериевич

Научный руководитель: Островский Валентин Николаевич, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В модели Ландау-Зинера для двух состояний решается нестационарное уравнение Шрёдингера с оператором Гамильтона, матрица которого линейно зависит от времени. Эта модель точно разрешима, то есть можно найти матрицу переходов. В обобщенной модели Ландау-Зинера рассматривается произвольное (но конечное), число состояний; при этом сохраняется основное свойство линейной зависимости Гамильтониана от времени. В данном случае полностью матрицу переходов, вообще говоря, найти не удается. Это коррелирует с появлением нескольких путей, по которым система может развиваться из начального состояния в конечное. Возникают квантовые осцилляции, и амплитуда перехода получается в результате интерференции.

Однако даже в самом общем случае всегда существует такой выбор начального и конечного состояний, что развитие системы в простом полуклассическом приближении происходит по одному пути. Это случай выживания на диабатическом терме, который имеет экстремальный, то есть самый большой или самый маленький наклон; (диабатическими термами называются диагональные элементы матрицы Гамильтониана, взятые как функция от времени). Оказывается в этом случае существует точное аналитическое выражение для амплитуды перехода из начального состояния в конечное [1].

Этот точный результат можно получить, используя нестационарную теорию возмущений. N-мерное уравнение Шрёдингера сводится к системе из N дифференциальных уравнений первого порядка от времени. Интегрируя дифференциальные уравнения с использованием начальных условий, мы получаем систему интегральных уравнений, которую затем решаем с помощью итераций. Получаем выражение для поправки произвольного порядка к амплитуде перехода. Следующий шаг – суммирование бесконечного ряда поправок. В итоге получаем простую формулу для вероятности перехода. Этот результат обобщается на случай вырожденного диабатического терма с экстремальным наклоном.

С помощью техники нестационарной теории возмущений можно также получить и другие интересные результаты, если мы выбираем вид матрицы Гамильтониана специальным образом. В частности, если у нас есть набор параллельных диабатических потенциальных кривых с экстремальным наклоном, то некоторые переходы становятся запрещенными [2]. В этом случае даже не приходится суммировать весь ряд теории возмущений, т.к. оказывается, что произвольный член ряда равен нулю.

Поиск частных случаев, допускающих точное решение, является важной задачей, т.к. обобщенная модель Ландау-Зинера используется во многих областях современной физики.

[1] M.V.Volkov and V.N.Ostrovsky, *J. Phys. B.: At. Mol. Opt. Phys*. **37,** 4069-4084 (2004),

[2] M.V.Volkov and V.N.Ostrovsky, *J. Phys. B.: At. Mol. Opt. Phys*. **38,** 907-915 (2005).

Регулярность движения электрона в ридберговском атоме с некулоновским полем остова в скрещенных электрических и магнитных полях

Шибаев Дмитрий Валерьевич

Научный руководитель: Островский Валентин Николаевич, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Физика высоковозбужденных ридберговских атомов остается предметом интенсивных теоретических и экспериментальных исследований. С точки зрения теории особенность задачи состоит в том, что движение электрона квазиклассично, что позволяет широко использовать классические методы исследования. Классическое движение элект-рона в ридберговском атоме регулярно в двух случаях. Во-первых, для атома водорода с чисто кулоновским полем ядра в скрещенных электрических и магнитных полях. Во-вторых, для ридберговский атом с некулоновским потенциалом остова в отсутствии внешних полей. В данной работе исследуется регулярность классического движения в случае, когда присутствуют оба эффекта, т.е. как внешние поля, так и некулоновский потенциал остова.

Случай атома водорода в скрещенных электрических и магнитных полях подробно исследован, включая динамическую ситуацию, когда внешние поля зависят от времени. По этой тематике опубликовано много статей, проведено значительное количество экспе-риментов и достигнуто хорошее понимание задачи. Более сложен случай ридберговского атома с некулоновским остовом, где экспериментальные данные еще нуждаются в интерпретации.

В данной работе рассматривается сначала рассматривается ридберговский атом водорода в скрещенных электрических и магнитных полях. В этом случае наблюдается прецессия псевдоспиновых векторов $\mathbf{J_1}$, $\mathbf{J_2}$. $\mathbf{J_1}$ и $\mathbf{J_2}$ являются полусуммой и полуразностью момента импульса электрона $\mathbf{L}$ и его вектора Рунге-Ленца $\mathbf{A}$. Правила коммутации для $\mathbf{J_1}$ и $\mathbf{J_2}$ формально совпадают с правилами коммутации двух независимых векторов момента импульса. Далее в работе рассматривается свободный ридберговский атом с некулоновским остовом. Отклонения от некулоновского потенциала остова учитываются введением квантовых дефектов. Зависимость последних от орбитального момента электрона аппроксимируется аналитической формулой. Некулоновское поле приводит к прецессии оси кеплеровского эллипса, по которому движется валентный электрон.

Для исследования задачи ридберговского атома с некулоновским остовом в скрещенных электрических и магнитных полях изучаются сечения Пуанкаре, которые строятся путем численных расчетов траекторий электрона. Показано, что эффективно задача имеет только две степени свободы. В качестве канонических переменных можно взять проекции $\mathbf{J_1}$ и $\mathbf{J_2}$ на выделенные оси и азимутальные углы в перпендикулярных плоскостях. Численные расчеты проведены атома лития $Li(^1S)$, для которого имеются данные эксперимента по динамике переходов.

J. Пленарная лекция

Methods of Complex Systems Theory in Financial Markets Study

Professor Yuri A. KUPERIN
Department of Physics, St. Petersburg State University

Abstract
In the talk we consider the application of nonlinear dynamics, complexity theory and artificial intelligence methods to the analysis of financial time series. In particular, we discuss new concepts and approaches used in nonlinear dynamics which offer a striking explanation of irregular behavior and anomalies which do not seem to be inherently stochastic. Among the methods we examine in the talk are such concepts as phase space embedding, Lyapunov exponents, dimensions and entropies, multifractal analysis, Hurst exponents. Related topics such as neural network technology are also discussed. Applications to the complex and noisy data typically occur in economics and finance are considered. In particular we present new results on neural network modelling and its application to the prediction of short-term financial dynamics in three sectors of financial market: currency, monetary and capital. We demonstrate also how to convert neural networks forecasts into the profitable trading strategy, i.e. the real business. We also present the results of multifractal data mining and in particular, making use of local Holder exponents for detecting the critical events and crashes in financial markets.

Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
2 ноября 2005 года, среда, 10:30

K. Пленарная лекция

Черные дыры в ядрах галактик

профессор Всеволод Владимирович ИВАНОВ
кафедра астрофизики, математико-механический факультет СПбГУ

Разнообразные астрофизические данные указывают на то, что в центре нашей Галактики находится массивное компактное темное тело с массой около 3 миллионов масс Солнца. По многим признакам, это черная дыра. В лекции будет дан обзор новейших наблюдений, делающих такой вывод почти неизбежным.

Будут также приведены краткие сведения о сверхмассивных черных дырах (с массами до нескольких миллиардов солнечных) в ядрах других галактик.

Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
2 ноября 2005 года, среда, 11:15

L. Заседание секции

"Оптика и спектроскопия, лазерная физика"

Аудитория им.С.Э.Фриша (108ая)
2 ноября 2005 года, среда, 12:30

Кинетическое описание прикатодной области тлеющего разряда

Кириленко Демид Александрович
Научный руководитель:
Кудрявцев Анатолий Анатольевич, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Простейшая, и до сих пор наиболее широко используемая теория катодного падения была развита Энгелем и Штеенбеком (см., например, [1]). К настоящему времени установлено [2], что эта тодель зачастую даже качественно не может описать многие явления в газовых разрядах. Однако, ее удивительное соответствие эксперименту по ряду основных параметров, а также отсутствие такой же простой, но непротиворечивой кинетической модели, длительное время тормозили развитие дальнейших представлений в этой области.

В даной работе рассмотрена максимально упрощенная кинетическая модель, позволяющая без привлечения физически необоснованных предположений последовательно учесть основные закономерности и связи между параметрами тлеющего разряда. Для описания быстрых электронов использование условия простоянства силы торможения позволяет описать нелокальную ионизацию. Скорость ионизации в данной модели пропорциональна плотности тока быстрых электронов, а не плотности полного электронного тока. В катодном слое мультипликация экспоненциальна, поскольку каждый вторичный электрон способен набрать энергию и совершить акт ионизации. В области слабого поля (в плазменной части области отрицательного свечения), образующиеся вторичные электроны не способны к дальнейшей ионизации, поэтому ионизация определяется только электронами, родившимися в катодном слое и падает с расстоянием. В плазме отрицательного свечения происходит трансформация тока быстрых электронов в ток медленных электронов. Разрядный ток в фарадеевом темном пространстве переносится за счет свободной диффузии промежуточных электронов, преодолевающих потенциальный барьер в точке второго обращения поля. Запертые электроны имеют максвелл-больцмановское распределение и обеспечивают квазинейтральность плазмы в отрицательном свечении. Их температура определяется нагревом в столкновениях с промежуточными (имеющими характерную среднюю энергию порога возбуждения) и охлаждением в столкновениях с нейтральными частицами. Поэтому вычисление температуры электронов, важное для расчета профиля потенциала, скоростей амбиполярной диффузии, рекомбинации, ступенчатого возбуждения и других процессов, представляет собой кинетическую задачу. В работе показано, что автономной системой в тлеющем разряде является не катодный слой, а вся прикатодная область – катодный слой, отрицательное свечение и фарадеево темное пространство. Вольтамперную характеристику можно найти только при совместном решении уравнения Пуассона в слое с учетом ионов, возвращающихся на катод из плазмы отрицательного свечения.

Таким образом, кинетическое рассмотрение позволяет построить простую модель, последовательно учитывающую основные закономерности и связи между параметрами тлеющего разряда.

1. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М. Наука, 1992. 536 с.

2. Ю.Б.Голубовский, А.А.Кудрявцев, В.О.Некучаев, И.А.Порохова, Л.Д.Цендин. Кинетика электронов в неравновесной газоразрядной плазме. Учеб. пособие. СПб:Издательство С.Петербургского университета, 2004. 245 с.

Ионизационный баланс в тлеющем разряде в аргоне

Никулина Елена Александровна
Научный руководитель:
Ионих Юрий Зиновьевич, доктор физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Плазма в аргоне широко используется в качестве рабочего газа в технических приложениях, а также как реперный газ для оптических диагностик. В данной работе рассматривается ионизационный баланс положительного столба тлеющего разряда низкого давления. В предыдущих исследованиях было обнаружено различие расчетных скоростей образования и гибели электронов в аргоновой плазме. Убедительного объяснения этого расхождения не было. Существенно, что в этих работах положительный столб разряда полагался продольно однородным, в то время как на самом деле он стратифицирован. Конкретная цель, поставленная в данной работе, состояла в рассмотрении ионизационного баланса при наличии бегущих страт.

Исследовался разряд в трубке диаметром 2.7 см при давлении газа 5 Торр и разрядном токе 0.7 мА. С помощью зондовых измерений изучалось поведение во времени напряженности электрического поля. Система регистрации оптического сигнала применялась для получения временных зависимостей интегральной яркости излучения стационарного разряда в аргоне из различных точек вдоль положительного столба разряда. Из этих измерений находилась длина волны страты. В наших условиях колебания поля хорошо аппроксимировались синусоидой. Так как значение поля зависит не только от времени, но и от координаты, была использована специальная процедура для восстановления вида функции *E(t)*. Для нахождения средней концентрации электронов в стационарном разряде использовался гидродинамический подход к описанию страт, в котором продольное электрическое поле складывается из токового поля и поля амбиполярной диффузии

$$E = \frac{j}{eb_e N_e} - \frac{D_e}{b_e}\frac{\nabla N_e}{N_e}.$$

Далее проводился расчет скорости ионизации и скорости гибели электронов. Использовалась программа вычисления функции распределения электронов по энергиям, разработанная в ТРИНИТИ. Основными механизмами ионизации в рассматриваемых условиях являются процессы ступенчатой ионизации

$$\mathrm{Ar}^*(s_5) + e \rightarrow \mathrm{Ar}^+ + 2e$$

и ионизация в результате парных столкновений

$$\mathrm{Ar}^*(s_5) + \mathrm{Ar}^*(s_5) \rightarrow \mathrm{Ar} + \mathrm{Ar}^+ + e.$$

Для вычисления скорости ионизации находилась концентрация метастабильных атомов из уравнения баланса частиц. Метастабильные атомы аргона рождаются в результате процесса

$$\mathrm{Ar} + e \rightarrow \mathrm{Ar}^*(s_5) + e.$$

Основными процессами их гибели являются реакции

$$\mathrm{Ar}^*(s_5) + 2\mathrm{Ar} \rightarrow \mathrm{Ar}_2^* + \mathrm{Ar},$$

$$\mathrm{Ar}^*(s_5) + e \rightarrow \mathrm{Ar}^*(s_{2,4}) + e,$$

парные столкновения и диффузия к стенкам разрядной трубки. Полученная система дифференциальных уравнений для концентрации атомов $\mathrm{Ar}^*(s_5)$ и электронов решалось с использованием программы MathCad. Результаты расчета подтверждают необходимость учета стратификации разряда при рассмотрении ионизационного баланса в аргоне.

Исследование газодинамических процессов при пробое воздуха лазером пикосекундного диапазона

Хоронжук Роман Сергеевич, Панин Алексей Олегович
Научный руководитель:
Машек Игорь Чеславович доктор физ.-мат. наук,
проф. физического факультета СПбГУ

В данной работе лазерный пробой в газе рассматривается как точечный взрыв с учетом противодавления. Целью является определение процентного вклада лазерной энергии в ударную волну как основного параметра при данной постановке задачи. Эти данные могут получить применение в вопросах комбинированного лазерно-микроволнового пробоя, что важно для практических применений в аэродинамике / 1/.

Эксперимент проводился в воздухе, при атмосферном давлении. Был применен твердотельный Nd/YAG лазер с ламповой накачкой и пассивным затвором. При использовании ВРМБ компрессора лазер реализует единичные импульсы пикосекундного диапазона (400пс) с энергией в импульсе 3,5мДж(1064нм) и 0.75мДж(532нм). Измерение длительности импульса проводилось при помощи автокореллятора, для измерения энергии импульса использовался измеритель мощности Mulektron. Лазер и измеритель мощности Mulektron были предоставлены фирмой “МултиТех”. Для визуализации процессов была собрана оптическая схема с применением автоколлимационного теневого метода и импульсной подсветки на основе мощного LED. Длительность импульса подсветки – 1мкс, позиционирование во времени импульса подсветки относительно лазерной искры от1 до 256 мкс с точностью не хуже 0.125мкс, пространственная точность 0.1 мм (максимально достижимая на четком изображении) в области ~50*35мм в плоскости полученного изображения. При помощи данной установки получены картины ударных волн. Получена оценка скорости распространения и характера развития ударной волны. По этим данным оценен процентный вклад лазерной энергии в газодинамические процессы. Он оказался существенно выше, чем подобный вклад для лазеров с наносекундной длительностью импульса. Последнее обстоятельство подтверждает перспективность применения лазеров пс диапазона для целей прикладной газо- и плазмодинамики. Дальнейшая работа будет направлена на повышение точности измерений и их достоверности.

1. I.Ch.Mashek, Yu.I.Anisimov, V.A.Lashkov, Yu.F.Kolesnichenko, V.G.Brovkin “Microwave discharge, initiated by laser spark in air” AIAA-2004-0358

Восстановление положения точечного источника с помощью кодовой δ-голограммы

Кытманов Антон Валерьевич
Научный руководитель:
Толмачев Юрий Александрович, докт. физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

В 1994 году был предложен метод записи поля волны ультракороткого импульса [1], который позже был назван δ-голографией. Метод обладал явным недостатком, обусловленным малым диапазоном линейного пропускания типичных регистрирующих сред. Преодолеть недостаток удалось, применив в канале опорной волны δ-коррелированную последовательность ультракоротких импульсов [2], что позволило получить высококонтрастную картину и осуществить локализацию источника не только в пространстве, но и во времени. Процесс записи голограмм и основные их свойства были описаны в [1, 2], а реального анализа восстановленного поля не проводилось. В данной работе с помощью компьютерного моделирования этот пробел частично устранен и впервые обнаружены и продемонстрированы неожиданные особенности восстановленного поля. Рассмотрение ведется на примере точечного объекта.

Простейшая схема записи тонкой дельта-голограммы точки приводит к формированию системы бесконечно тонких прозрачных концентрических колец с различными знаками амплитудного пропускания. Качество восстанавливаемой картины зависит от свойств опорной волны. В нашей работе для записи голограммы использовался псевдослучайный код Баркера. Для формирования действительного изображения код инвертировался во времени.

При моделировании поля волн, дифрагировавших на системе колец, использовалось решение для точечной апертуры, найденное в [2]. Псевдослучайное распределение поля за экраном имело **единственный** абсолютный максимум, соответствующий положению источника. Амплитуда псевдослучайной фоновой засветки существенно ниже амплитуды поля в этом максимуме. Последовательность 13 δ-импульсов дает контраст по амплитуде больше, чем 13:1, т. е. более чем в 169 раз по интенсивности.

При дифракции одиночного дельта-импульса на бесконечно тонком кольце сигнал h на оси симметрии системы вдали от голограммы имеет вид

$$h(0, z_0, t) \approx \frac{2ac}{z_0 \pi} \delta'\left(z_0 - \sqrt{(ct)^2 - a^2} \right), \qquad (1)$$

где z_0 - расстояние от точки наблюдения до голограммы, t – время, a – радиус кольца, c – скорость света. Т. о. при дифракции короткого, например, гауссова импульса, амплитуда поля на оси симметрии пропорциональна первой производной от гауссовой функции, соответственно, произойдут и сильные изменение спектра. В результате моделирования дифракции узких гауссовых импульсов нами получено подтверждение описанных свойств дельта-голограммы.

При дифракции на дельта-голограмме монохроматического сигнала пространственно-временная локализация теряется. Ось симметрии системы остается геометрическим местом точек максимальной амплитуды поля, но более точная локализация положения источника уже невозможна без использования дополнительной голограммы, расположенной под углом к первой.

Литература:

1. *Толмачев Ю.А.* Регистрация формы фронта волны с помощью ультракоротких импульсов.// Оптика и спектроскопия. 1994. Т.76, №6, С.999-1004.

2. *Лебедев М.К., Толмачев Ю.А.* Применение временного кодирования в дельта-голографии. Оптика и Спектроскопия. 1997, Т. 82, №4, С. 679-682.

Силы осцилляторов вибрационных переходов в 1s – спектре поглощения молекулы азота

Сивков Данил Викторович
Научные руководители:
Пунегов Василий Ильич, докт. физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СыктГУ,
Виноградов Александр Степанович, докт. физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Молекула азота является одной из самых простых молекул, состоящих из атомов II периода, и она является интересным объектом для различного рода теоретических и экспериментальных исследований, в частности методами ультрамягкой рентгеновской спектроскопии. В 1s – рентгеновских спектрах поглощения этой молекулы проявляется резонансная структура в виде интенсивных (с высокой силой осциллятора) полос поглощения, расположенных перед 1s порогом ионизации (π-резонанс формы) и в ближнем континууме (σ-резонанс формы), на которые накладываются вибрационные переходы, то есть 1s $\rightarrow$ 2p переход с одновременным возбуждением колебательного кванта. Вблизи края поглощения имеется также ридберговская структура в виде ряда малоинтенсивных узких пиков. Силы осцилляторов этих рентгеновских переходов являются фундаментальной характеристикой взаимодействия рентгеновского излучения с молекулой, так как сила осциллятора равна с точностью до постоянной вероятности поглощения молекулой рентгеновского кванта с соответствующей энергией. К настоящему времени имеются экспериментальные данные по интегральным силам осцилляторов π- и σ-резонансов формы для молекулы азота, определенных из спектральных зависимостей сечений поглощения в области 1s – края поглощения [1]. Эти данные были получены на лабораторном спектрометре РСМ-500 с корректным учета фона и аппаратурных искажений в пределе «нулевой» оптической плотности образца. Однако по причине недостаточно высокого аппаратурного разрешения лабораторного спектрометра, в полученных спектрах не проявляется колебательная структура. С другой стороны к настоящему времени исследованы с высоким энергетическим разрешением 1s-спектры поглощения молекулы N_2 с использованием синхротронного излучения Российско-Германского канала электронного накопителя BESSY-II. Эти спектры содержат контрастную структуру, обусловленную вибрационными переходами, и получены при очень низких давлениях азота в газовой кювете, то есть практически при «нулевой» оптической плотности. Однако эти спектры поглощения измерены в относительных единицах, с проведением нормировки на падающее излучение. Ранее [1] было показано, для отдельных полос поглощения в ультрамягких рентгеновских спектрах, исследованных в пределе к «нулевой» оптической плотности с корректным учетом фона, сила осцилляторов должна быть одинаковой, даже если спектры были получены на разных приборах (т.е. не зависят от аппаратной функции спектрометра).

В настоящей работе проводится нормировка 1s- спектров поглощения N_2, исследованных при помощи синхротронного излучения по абсолютным величинам сил осцилляторов, полученных на спектрометре РСМ-500. После приведения к абсолютной шкале сечений поглощения 1s-спектры азота, полученные с высоким энергетическим разрешением, разлагаются на составляющие компоненты и далее из них путем интегрирования определяются силы осцилляторов вибрационных и ридберговских рентгеновских переходов. В докладе также приводятся результаты исследования методом математического моделирования влияния окна пропускания спектрометра на форму и площадь полос поглощения разной ширины и интенсивности в широком интервале оптической плотности поглотителя на примере 1s–спектра поглощения молекулы N_2.

1. В.Н. Сивков, А.С.Виноградов // Сила осцилляторов π_g – резонанса формы в NK – спектре поглощения молекулы азота. – Оптика и спектроскопия, 2002, Т.93, №3, 431-434.

Атомная линза. Электронная микроскопия сверхвысокого разрешения. Визуализация объектов атомного масштаба.

Резикян Арам Григорович
Научный руководитель:
Смирнов Валерий Владимирович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ.

Основой недавно предложенной и разработанной концепции атомной линзы в корпускулярной оптике является использование различных систем атомного и нано масштабов, простейшей из которых является атом, для формирования тонких кроссоверов корпускулярных (электронных, атомных, и т. д.) пучков. Методы, основанные на данной концепции могут иметь приложения во многих областях, в том числе в микроскопии и нанолитографии. В частности, для электронов теоретически показано, что одиночные тяжелые атомы или колонки атомов в тонком кристалле могут выступать в качестве линзы, способной сфокусировать пучок электронов в область с поперечным сечением в десятки пикометров в диаметре. Экспериментальным подтверждением явилось получение разрешения 0.06 нм при использовании электронного микроскопа с разрешением не выше 0.34 нм.

При освещении кристалла электронным пучком с диаметром, превосходящим расстояние между соседними рядами атомов в фокусирующем кристалле, на выходе из кристалла образуется решетка пиков интенсивности малого диаметра, порядка десятков пикометра. При сканировании такой решеткой объекта можно в принципе восстановить изображение объекта с разрешением порядка диаметра пика.

Максимальная интенсивность в кроссовере наблюдается на расстояниях порядка десятых долей нм от последнего атома в кристалле. Исследуемый образец практически сложно перемещать (например, при сканировании) на таком расстоянии от кристалла ввиду неровности (в общем случае) поверхности образца. В зависимости от степени гладкости для каждого образца требуется определённая степень удалённости от кристалла, поэтому необходимо создать условия, при которых кроссовер образовывался бы как можно дальше от кристалла. В волновой оптике известен принцип Фурье плоскостей: бесконечная решётка периодически расположенных в плоскости точечных когерентных источников периодически повторяется в пространстве (то есть расходящиеся лучи снова фокусируются с некоторым периодом в пространстве). Таким образом, можно получить решетку пиков интенсивности на расстояниях порядка 10 нм (Фурье плоскость первого порядка).

Получены результаты расчётов распределений интенсивности на выходной поверхности кристалла и в первой Фурье плоскости для пучков от электронного микроскопа разных диаметров на входной поверхности. В частности, для кристалла золота получены пики диаметром порядка 0.03 нм на выходе из кристалла и порядка 0.04 нм на расстоянии Фурье плоскости первого порядка.

Также получены результаты моделирования схемы микроскопии со сканированием одиночных атомов золота, локализованных на поверхности графитовой подложки, решёткой пиков, получающейся в результате прохождения пучка электронов сканирующего электронного микроскопа (STEM) через кристалл золота. Показано, что, зная диаметр пучка сканирующего электронного микроскопа с точностью порядка 15%, удаётся с хорошим качеством восстановить изображение атомов золота из детектируемого сигнала.

УДК 535.399

Визуализация ИК излучения на основе халькогенидных стекол систем Ga-Ge-S:Er^{3+} и Ga-Ge-Si-S:Er^{3+}

Шарова Ирина Сергеевна

Научный руководитель: Маньшина Алина Анвяровна, канд. физ. - мат. наук, НИИ лазерных исследований СПбГУ

Развитие волоконно-оптических линий связи и лазерной техники постоянно выдвигает задачу разработки новых перспективных оптических материалов для визуализации излучения различных ИК источников. Большой интерес представляют халькогенидные стекла (ХГС), активированные редкоземельными ионами (РЗИ). ХГС являются привлекательной основой для легирования РЗИ из-за своих хороших оптических свойств (широкая область прозрачности (0.5 мкм-12 мкм), высокий показатель преломления (>2.1), низкая энергия фононов (400 $см^{-1}$)) и относительной легкости синтеза. Все это позволяет использовать данные материалы при создании широкого спектра устройств интегральной и волоконной оптики. На базе ХГС, легированных, например Er^{3+}, могут быть разработаны визуализаторы ИК излучения, волоконно-оптические усилители, активные устройства интегральной оптики и т.д. Объектом исследования данной работы являлись ХГС системы Ga-Ge-S и системы Ga-Ge-Si-S, активированные ионами Er^{3+}.

Цель работы заключалась в оптимизации состава ХГС для применения их в качестве визуализаторов ИК излучения. Исследование осуществлялось методами спектроскопии поглощения и люминесцентной спектроскопии.

На основе теории Джадда-Офельта по данным спектроскопии поглощения для систем Ga-Ge-S:Er^{3+} и Ga-Ge-Si-S:Er^{3+} были определены спектроскопические параметры, анализ которых позволил прогнозировать люминесцентные свойства исследуемых ХГС и дал информацию о структурных особенностях окружения Er^{3+}.

При возбуждении излучением с длинной волны 812 нм были получены спектры антистоксовой люминесценции для исследуемых ХГС. Данные спектры состоят из трех полос излучения, расположенных в областях 670 нм, 560 нм и 530 нм (что соответствует переходам из возбужденных состояний иона эрбия $^4F_{3/2}$, $^4S_{3/2}$, $^2H_{11/2}$ на основное состояние $^4I_{15/2}$). Причем у системы Ga-Ge-Si-S:Er^{3+} интенсивность зеленой полосы (560 нм) значительно больше, чем интенсивность красной полосы (670 нм). Это можно объяснить тем, что единственным каналом заселения уровня $^4F_{9/2}$ является многофононная релаксация с уровня $^4S_{3/2}$. Так как халькогенидные стекла характеризуются низкой энергией фононов (около 425 $см^{-1}$) и энергетический зазор между уровнями $^4S_{3/2}$ и $^4F_{9/2}$ составляет около 3000 $см^{-1}$, то вероятность многофононной релаксации (с участием 7 фононов) мала. Это определяет малую вероятность заселения уровня $^4F_{9/2}$ и, следовательно, низкую интенсивность люминесценции с этого энергетического уровня. У системы Ga-Ge-S:Er^{3+} наблюдалась обратная зависимость: низкая интенсивность люминесценции в области 560 нм и высокая - в области 670 нм. По-видимому это связано с наличием дополнительного канала заселения уровня $^4F_{9/2}$ в системе Ga-Ge-S:Er^{3+}.

Исследование влияния концентрации Er^{3+} на интенсивность полос антистоксовой люминесценции позволило определить концентрации, оптимальные для получения эффективной визуализации ИК - излучения. Так для системы Ga-Ge-Si-S:Er^{3+} оптимальной концентрацией эрбия с точки зрения эффективности преобразования ИК излучения является концентрация Er^{3+} 0.9 ат.%, а для системы Ga-Ge-S:Er^{3+} - 1.2 ат.%. Повышение концентрации приводит к уменьшению эффективности антистоксова преобразования в следствии проявления концентрационного тушения.

Анализ спектров поглощения и люминесценции показал, что преобразование ИК излучения в зеленую область (560 нм) эффективнее в стеклах системы Ga-Ge-Si-S:Er^{3+} , а в красную (670 нм) - в системе Ga-Ge-S:Er^{3+}.

Нейтронная голография как инструмент исследования локальной структуры вещества

Шарков Иван Георгиевич
Научный руководитель: Толмачёв Юрий Александрович, д.ф-м.н., профессор физического факультета СПбГУ

Голография как техника регистрации интерференционной картины опорного излучения и объёктной волны была предложена Д. Габором в 1947. Главной идеей, которую преследовал Д. Габор, было получение невиданного на тот момент увеличения изображение предмета, вплоть до изображения атома. Первоначально работы проводились в видимой области светового спектра и с пучками электронов (используя их волновые свойства). В дальнейшем исследователи обратили внимание на более коротковолновые источники, позволявшие получать голограммы в рентгеновском диапазоне длин волн. Новой же целью экспериментов было проникнуть во внутрь вещества, изучить его структуру и состав.

В 1999 г. было выдвинуто предположение о возможности использования нейтронов (тепловой части спектра энергий) в качестве излучения. Расчёты и, впоследствии, проведенные нами опыты показали, что когерентное взаимодействие вещества и излучения (нейтронной волны) действительно даёт информацию о строении вещества, которую можно зафиксировать уже существующими приборами. В экспериментах было установлено не только само наличие ценной информации о положении атомов (точнее, их ядер) в кристаллической решетке, но также восстановлено изображение атомов, находившихся в непосредственной близости от источника возбуждения. Следующим шагом исследований было установление точных координат атомов с целью определения локальной деформации кристаллической решётки. Более того, была обнаружена и восстановлена информация о более дальних кристаллических оболочках второго, третьего и четвертого порядков.

Применение голографии не останавливается на кристаллических образцах. В будущих планах развитие техники постановки экспериментов на поликристаллических, а так же на биологических структурах. Для более эффективной обработки информации были развиты и применены метод ортогонализации голограмм и метод распознавание образов. Главной основой успеха разработанных новых методов стали свойства функции корреляции голограмм, а также линейности вкладов голографических членов в общую интерференционную картину.

М. Заседание секции

"Общая физика – Центр ПОИСК"

Аудитория им.В.И.Смирнова (107ая)
2 ноября 2005 года, среда, 12:30

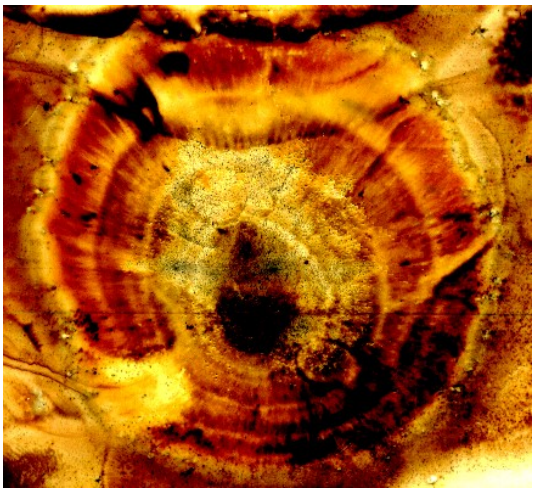
Formation of Liesegang rings:
The physical aspects for the cases of translational and radial diffusion

Ilya Martchenko

St Petersburg State University

ilyamartch@mail.ru

Liesegang rings are the ordered rhythmic precipitation zones formed by the chemical reaction between two electrolytes in a medium eliminating convection, *e.g.* gel. The electrolytes are chosen so that they form an insoluble product. If the first reagent, say A, diffuses into the medium containing the other reagent B, then depending on the initial geometry, the reaction can yield a periodic pattern of bands, layers, rings or spheres clearly separated in the direction perpendicular to the diffusion. The phenomenon was first described by R.E. Liesegang [*Naturwiss. Wochenschr.* **11**, 353 1.1, 5.1, *1896*] and although the it has been studied for more that one hundred years, still there is no clear quantitative theory and comprehensive explanation.

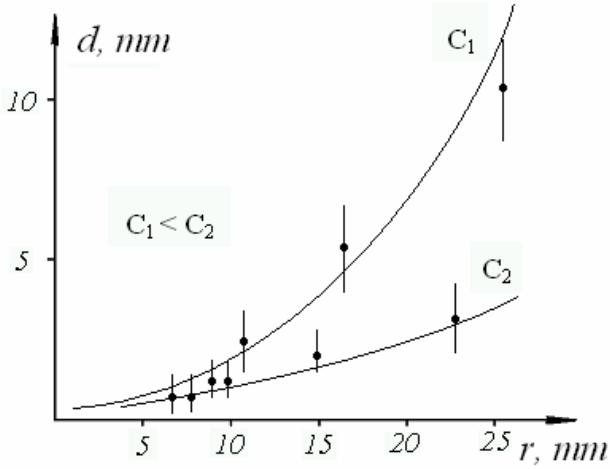


In this paper we develop a theory describing the parameters of 1D and 2D Liesegang patterns such as the width and the position of bands and compare them with experiments. A new reaction medium has been proposed, namely the thin layer silica gel Solufol ® sorbent.

We assume that the local precipitation in each band is connected to the revertive diffusion of second reagent into the reaction zone that follows the decay of concentration. The explicit expression for the band width can be derived from the Fick's law and is given by:

$$d = \sqrt{2D_A t}\ ,$$

where D_A is the diffusion coefficient for the first reagent and t is the total duration of precipitation within one band.



We have studied the growth of Liesegang patterns in a thin layer silica gel Solufol ® sorbent that ensures stationary diffusion front. For the radial 2D diffusion, we have detected experimentally that the width of the rings increases with radius (*see the plot*). It is likely to be explained by the decreasing concentration of diffusing reagent that follows the increase of cross-section of front at a constant flux.

$Pb(NO_3)_2 \rightarrow$ $K_2Cr_2O_7 \downarrow$	$C = 0{,}01\ M$	$C = 0{,}05\ M$
$C = 0{,}01\ M$	$t = 6{,}0 \pm 0{,}5\ h$ $d_{exp} = 6 \pm 1\ mm$ $d_{theor} = 7{,}3\ mm$	$t = 5{,}0 \pm 0{,}5\ h$ $d_{exp} = 4 \pm 1\ mm$ $d_{theor} = 6{,}5\ mm$
$C = 0{,}05\ M$	$t = 4{,}5 \pm 0{,}5$ часа $d_{exp} = 5 \pm 1\ mm$ $d_{theor} = 6{,}3\ mm$	$t = 3{,}0 \pm 0{,}5\ h$ $d_{exp} = 3 \pm 1\ mm$ $d_{theor} = 5{,}0\ mm$

To measure the width of a precipitation band *d,* we have also studied the translational diffusion of $Pb(NO_3)_2$ into gelatine containing $K_2Cr_2O_7$. The theoretical estimations for *d* are in a good agreement with experiment (*see the table*).

The ball spin

Ivan Yamshchikov

Faculty of Physics, St.Petersburg State University

The influence of the spin of the ball on it's trajectory is the object of the research.

The first part is devoted to the history of the problem and to the use of the phenomenon in sports.

The second part is describing the basic theory explaining the phenomenon. The theory itself is built for the ideal laminar flow without viscosity but with some reasonable assumptions it can be used for the real conditions. Moreover, in some cases the situation in reality is practically similar to the ideal one. The analysis of the later facts is also included into the second part.

The third part is devoted to the experimental work. The analysis of the data measured with constructed experimental device proves the correctness of the theory.

Optical tunneling

Valkovskiy Mikhail Viktorovich
113-th group the Department of physics (St. Petersburg's State University)

Scientific adviser: Elena Lvovna Lebedeva, St.Petersburg State University

If we take two glass prisms separated by a small gap then sometimes light incident at angles greater than the critical angle is not totally internally reflected and we can see it in the second prism. This phenomenon can be observed only if the distance between two prisms is less then the wavelength. It can be explained in two ways: the first one is considering the light as a flow of photons (e.g. using uncertainly relation) and the second one is considering the light as an electro-magnetic wave. To explain this phenomenon in a second way we consider Fresnel's formulas and Poiting's vector which shows that even if the angle of incident light is greater than the critical there is energy in the second medium, the average energy storage doesn't change on time and the average energy flux is parallel to the axis X (projection of the incidence ray on the boundary between two media). Intensity of this inhomogeneous wave exponentially decreases. This phenomenon takes place with electro-magnetic waves of all wavelengths. So we've made an experiment using radio-waves with wavelength about 3sm and paraffin prisms and experimentally studied the dependence of the passed wave's intensity on distance between prisms. Using this dependence we can analyze the surface quality and find widths of gaps. Optical tunneling is also used for information transfer.

Literature

1. Е.И.Бутиков «Оптика», изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2003. – 480 стр.: ил.
2. С.А.Сивухин, т.4: «Оптика», М., 1980г., 752 стр. с илл.
3. Materials from Internet

.

Circular hydraulic jumps in liquids with various viscosities

Andrey Vladimirovich Uskov

Advised by: Elena L. Lebedeva, Ph.D., Faculty of Physics, Saint-Petersburg State University,
Robert P. Kolalis, Ph.D., Faculty of Physics, Saint-Petersburg Sate University

We studied circular hydraulic jumps, which take place when a smooth column of water hits a horizontal plate. The dependence of radius of a hydraulic jump on liquid's parameters, surface tension factor and viscosity have been investigated for the following liquids: water, sunflower oil, glycerol solution, sulfuric acid 85 %, ethanol 96 %. In experiments we adjusted jet's velocity from 3 mm/s up to 6000 mm/s (about 22 km/h). The jump's height was in the interval from 1 mm up to 25. The nozzles had the following radii: 0.8, 1.2, 1.75, 3.2, 3.35 mm. The research of influence of a plate's roughness on radius of jump was spent.

Experiments show that the velocity of liquid before the hydraulic jump doesn't depend on plate's roughness. We found out that there are two types of hydraulic jump: with laminar or turbulent flow, but sometimes these types of flow can be combined at the same hydraulic jump and this jump becomes polygonal. The polygonal jumps were observed in differed liquid, even in water (Fig. 1). It was defined that number of vertexes in the polygonal jump decreases if viscosity of liquid increases of jump's height decreases. Also number of vertexes in the polygonal jump increases if jump's radius increases. In was defined that polygonal jump take place if the jump's criteria is critical.

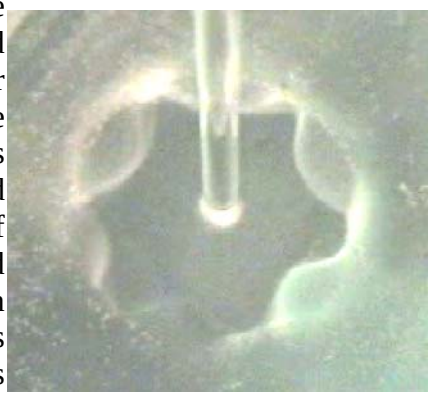


Fig.1 Polygonal jump in water

Occurrence of the hydraulic jump was explained theoretically. The dependence of jumps radius on height of liquid's surface have been obtained theoretically. Two dependences of radius on volume flux have been obtained: with and without considering surface tension. We have proved that radius of hydraulic jump is proportional to volume flux in power of three quarters and almost doesn't depend on radius of a nozzle. Validity borders for each theory were defined. The criteria, which shows possibility of turbulent flow's existence, was defined. Experimental data were in good agreement with theoretical results.

The Kundt's tube

Zhelezov Dmitry Leonidovich

Scientific advisors: Kolalis Robert Pavlovich, Ph.D., Associate Professor, Lebedeva Elena L'vovna, Ph.D., Associate Professor,Faculty of Physics, Saint-Petersburg State University

In a 'Kundt's Tube' type of experiment the standing waves produced can be made visible using a fine powder. A closer look at experiment reveals that the regions of powder have a substructure. The purpose of this work was to investigate its nature. The substructure forming is considered as a complicated process that can be divided into two main parts: constriction of the powder into thin rings caused by a special kind of aerodynamic forces and forming accurate periodic distribution of powder rings that is considered as a result of the resonance between the sound waves and the waves observed on the surface of the powder. The experimental data obtained shows rather good concordance with developed theory.

The Brasil nut effect

Arseny Lunev

St Petersburg State University

lunars@mail333.ru

One of the main processes of two-type globules distribution in the vertically vibrated free-flowing mixture is so-called the Brazil Nut Effect, when large particles rise to the top of the mixture. Among with this well-known phenomenon the corresponding Reverse Brazil Nut Effect is considered in this work. Theoretical finds obtained by the way of the non-standard method predict the type of the globules distribution in the harmonically oscillated mixture that depends on series of different parameters (such as amplitude, frequency, shaking time as well as globules quantity, masses and radii). These predictions agree with experimental results. In the work marked the important composite parameter of globules which defines the position of any globule in the mixture. As a perspective it's possible to extract a lot of really new applied information from the final obtained result, conditions of the BNE and the RBNE (e.g. the rational explanation of the rising of large heavy stones in the sand in the nature or the possibility to raise the small but heavy globules in the mixture provided that its quantity is rather high).

The qualitative study of Devaux's phenomenon

Ilya Martchenko

St Petersburg State University

ilyamartch@mail.ru

In *1912* Henri Devaux described the motion of camphor particles floating on water [*Journal de Physique, sept. 1912*, p. 669], [*Revue générale des Sciences, 28 fév. 1913*, p. 143]. Although a single particle may remain immobile on the water surface, two of them intensively repulse each other. If a number of particles are simultaneously dropped onto water, they quickly scatter throughout the surface The further observation have shown that the similar behavior is typical for many organic compounds, including resorcinol, vanillin, menthol, benzoic, succinic and citric acids, coffee powder, milled pepper etc.

We explain the repulsion by the interaction between the boundaries of thin monomolecular films that surround each of floating particles on the water surface. We have shown experimentally that the boundaries demonstrate elastic properties. The films are formed as the particles enrich the superficial layer of liquid with surfactants. The films expand and repulse each other, consequently the particles scatter because they are viscously fixed at the centers of the films.

A simple theoretical model is proposed. The molecules extracted by the water are likely to be hydrophobic, hence, as they are solvated, the system adsorbs heat. If the surface of a particle and the temperature gradient remain constant, the heat flux is constant too: $\frac{\partial H}{\partial t} = const$. The number of molecules solvated per the unit of time (therefore, the elementary increment of film's surface) is proportional to the unit of absorbed heat. That means that the surface of a film increases with a constant rate:

$$\frac{\partial(\pi r^2)}{\partial t} = const ,$$

where r is the radius of the film. After integration we get the explicit expression for the dependence of radius on time:

$$r(t) = \sqrt{r_0^{\,2} + C_0 t} ,$$

where r_0 is the radius of the particle.

The experimental measurements for different types of particles (coffee, pepper, camphor) have been carried out with a digital camera placed above the vessel. We have analyzed a number of videos of two repulsing particles to get the dependence of radius on time. The dependence of $r^2(t)$ has been rendered with least squares method to determine all the relevant parameters with highest precision. The theoretical dependence has shown a good agreement to experiments.

Mirage

Valkovskiy Mikhail Viktorovich

113-th group the Department of physics (St. Petersburg State University)

Scientific adviser: Elena Lvovna Lebedeva, St. Petersburg State University

Mirage – is an optical effect caused by rays' refraction in their passage through the layers of the air with different density (or through any other optically heterogeneous substances), which contains in the emergence of a virtual image. So one of the most important conditions for the mirage's appearance is a high gradient of density, which is usually caused by a high gradient of temperature. Usually 3 types of mirages are marked out: lower mirage, upper mirage, lateral mirage and fata-morgana (the imposition of several lower, upper or lateral mirages). The deferential equation of the ray is $\frac{dz}{dx} = \sqrt{\frac{R^2 \cdot n^2}{c^2} - 1}$,

where **R** is radius of curvature, **n** is refractive index of the media, **c** is an experimentally measured constant, **z** and **x** are vertical and horizontal components of the ray's direction vector. We considered different methods of mirage's

receiving (burning hot metallic stick, «The desert» (Robert Wood's experiment), some diffused fluids with different refraction coefficients situated one above one, «Pools» inside organic glass) and maid an experiment «Pools» inside organic glass. The radius of curvature of the beam of light in a heated organic glass has been measured in two ways (theoretically & practically) and the results are nearly identical.

Literature

1. В.В.Майер «Простые опыты по криволинейному распространению света», М.: Наука, 1984г.
2. Е.И.Бутиков «Оптика», изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2003. – 480 стр.: ил.
3. С.А.Сивухин, т.4: «Оптика», М., 1980г., 752 стр. с илл.
4. Materials from Internet

.

Physical models for electrostatic motors

Artem Rusanov

Scientific advisor:Elena L. Lebedeva, Ph.D.,
Faculty of Physics, Saint-Petersburg State University

In this work we propose few simple methods to construct a motor working my means of an electrostatic field. We develop a theory describing the motion and the maximal efficiency of such a motor. Three working devises have been assembled. Their parameters have been measured and analyzed.

The first motor involves the principle used in the so called Franklin's wheel. The vertical needle is fixed on the dielectric base. The foil bar with two spearheads on the edges is on the needle. As the charge density on the spearheads increases, the charges 'flow' away with ionized air molecules. The moment of rotation is caused by this 'ion wind' (detectable with a candle). *The second motor* has a square dielectric base, four electrodes in the angles and a bar. The motion is caused by the cyclic recharge of the bar as it is first attracted and then repulsed from the electrode. *The third motor* consists of a capacitor with a dielectric cylinder inside covered with foil stripes. The same principle of cyclic recharge is used. The moment of rotation can be measured directly.

The angular velocities was measured with a stroboscope (*see the table*); the other characteristics can be determined with the following theoretical model. As the rotating bar slowdowns there are the moments of two forces are applied, namely the constant friction force and the air resistance. Then, we can derive the moment of friction force and the coefficient of air resistance from the following system:

$$\begin{cases} I\omega'_0 = \int_0^{t1} M_{P.F.}dt + \int_0^{t1} k\omega R^2 dt \\ I\omega''_0 = \int_0^{t2} M_{P.F.}dt + \int_0^{t2} k\omega R^2 dt \end{cases},$$

where ω is the angular velocity, $M_{P.F.}$ is the moment of constant friction force, k is the coefficient of air resistance, ω'_0 and ω''_0 are the initial angular velocities, t_1 and t_2 are the durations of motor's slowdown (until final stop). We can find the moment of rotation, if we assume that for the stationary rotation regime it is equal to the moment of resistance: $M_R = M_{P.R.} + kR^2$, where M_R is the moment of resistance, R is the radius of cylindrical bar. In our motor the effective work results in overcoming friction. Hence, we find the power of the motor: $P = M_P \cdot \omega$ and the efficiency: $N = \frac{P}{UI}$ as we know the current and the applied voltage. The parameters of the motors can be found in the Table:

The motor	#1 (Franklin's wheel)	# 2	# 3
Voltage, *kV*	*25*	*25*	*15*
Current, *mA*	*0.004*	*0.04*	*0.02*
Angular velocity, *rpm*	*460±100*	*1130±20*	*4630±15*
$M_{P.F.}$, *N·m*	$5\cdot10^{-7}$	$15\cdot10^{-7}$	$30\cdot10^{-7}$
k, *kg/sec*	$30\cdot10^{-7}$	$70\cdot10^{-7}$	$22\cdot10^{-5}$
$M_{rotation}$, *N·m*	10^{-6}	$5\cdot10^{-6}$	$2\cdot10^{-4}$
Power, *watt*	$48\cdot10^{-6}$	$6\cdot10^{-4}$	$13\cdot10^{-3}$
Efficiency, *%*	$48\cdot10^{-3}$	$6\cdot10^{-2}$	*4.3*

N. Заседание секции

"Прикладные математика и физика"

Аудитория В-02
2 ноября 2005 года, среда, 12:30

Применение нейротехнологий для построения прибыльной торговой стратегии на российском фондовом рынке

Бадьина Алия Федоровна

Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ядерной физики физического факультета СПбГУ

Целью работы было показать, что использование искусственных нейронных сетей при построении автоматизированной торговой системы может увеличить ее прибыльность. За основу была взята построенная на основе рыночного индикатора технического анализа Relative Strength Index (RSI) торговая стратегия. Стратегия настраивалась на российский фондовый рынок и оптимизировалась на следующих временных рядах. Были взяты данные за период 01.01.2000 – 01.07.2004 для компаний ТатНефть и Сбербанк (часовая нарезка акций) и показано, что на этих ценных бумагах стратегия с оптимизированными параметрами приносит ощутимую прибыль.

Затем стратегия была модифицирована с использованием нейропрогноза индикатора RSI (для обеих акций была сгенерирована одна трехслойная сеть с различными для каждого слоя функциями активации). Для акций обеих компаний стратегия с нейропрогнозом оказалась способной отфильтровать убыточные и малоприбыльные сделки, не оправдывающие транзакционные расходы. Например, бэктестинг для акций ТатНефть показал среднюю прибыль стратегии без нейропрогноза 74% в год, а модифицированной – 95%. Таким образом, подключение нейросети позволило увеличить прибыльность торговой стратегии почти на 30%, а возврат на счет – на 70%. Все стратегии были протестированы на данных, на которых не происходила оптимизация (01.07.2004 – 01.07.2005, часовая нарезка). Стратегии, использующие нейросети, в случае и ТатНефть, и Сбербанка, показали лучшие результаты, чем стратегия без нейропрогнозов.

Использование модифицированной мультифрактальной модели MMAR для прогнозирования волатильности финансовых временных рядов

Валиневич Павел Анатольевич
Научный руководитель:
Дмитриева Людмила Анатольевна, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Для финансового временного ряда волатильность является характеристикой, важной, прежде всего, с практической точки зрения. Поэтому ее надежное прогнозирование на различные временные горизонты является актуальной задачей. Такие прогнозы могут быть использованы для оптимизации портфеля (в рамках теории Марковица или CAPM), для улучшения оценки величины Value-at-Risk, а также для прогнозирования цен опционов (например, с помощью формулы Блэка-Шолза).

В 1997 году Мандельбротом и соавторами была предложена первая мультифрактальная модель цен активов – MMAR (Multifractal Model of Asset Returns), описывающая также и динамику волатильности. Существенным недостатком этой модели была невозможность построения прогнозов. Эта модель была нами модифицирована. Модификация заключалась в том, что канонический мультипликативный каскада, задающий модель MMAR, был заменен на консервативный мультипликативный каскад. После этого была разработана процедура определения параметров и построения прогноза в рамках такой модели. Необходимые численные расчеты были реализованы в среде MATLAB.

Исследовались также искусственно созданные временные ряды, подчиняющиеся уравнениям модифицированной модели MMAR (MMAR-процессы). Было выяснено, что для них характерны многие свойства, присущие и реальным финансовым временным рядам: мультифрактальность, кластеризация волатильности, “острый пик” и “толстые хвосты” в распределении доходностей, длинная память волатильности.

Модель тестировалась на различных исторических временных рядах: использовались котировки индексов и акций американского рынка ценных бумаг. В качестве критериев качества прогноза нами были выбраны следующие величины: 1) среднеквадратичное отклонение предсказанной волатильности от доходности; 2) коэффициент R^2, являющийся мерой корреляции прогнозов и доходности, а также 3) коэффициенты линейной регрессии между квадратами доходностей и предсказанной волатильности. Эти величины вычислялись для каждой ценной бумаги, по которой делался прогноз. По ним проводилось сравнение с прогнозами, даваемыми моделью GARCH, а также с исторической волатильностью.

На исследованном материале было выяснено:

1) историческая волатильность с точки зрения прогноза всегда оказывалась хуже модели GARCH и модифицированной модели MMAR;
2) качество прогнозов моделей GARCH и модифицированной модели MMAR примерно одинаково: на части данных лучшие результаты дает одна модель, на части - другая.

Таким образом, можно сказать, что модифицированная модель MMAR является достойной альтернативой существующим на данный момент моделям ценообразования активов. MMAR-процессы обладают многими свойствами реальных финансовых временных рядов, а, значит, могут считаться хорошим приближением для реальных процессов. В модели также имеется множество возможностей для дальнейшей модификации, что позволит еще больше улучшить качество прогнозов.

Аналитические результаты для оценки опционов со стохастической волатильностью

Гольдин Павел Борисович

Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович, д.ф.-м.н., профессор физического факультета СПбГУ

Работа посвящена оценке стоимости опционов с учетом стохастической динамики волатильности. Такой подход является обобщением известной техники Блэка – Шолза, в которой волатильность считается постоянным параметром модели. Используя технику континуального интеграла и ренормгруппы, в работе удалось получить компактные аналитические формулы для цен опционов, обобщающие формулу Блэка – Шолза и переходящие в нее в пределе постоянной волатильности. В рамках этой же техники были получены явные аналитические формулы для некоторых экзотических опционов со стохастической волатильностью. Полученные в работе формулы для европейских опционов CALL были протестированы для сравнения с оригинальной формулой Блэка – Шолза на реальных данных по ценам опциона на индекс FTSE100. Тестирование на реальных данных показало, что предложенная в работе модель оценивает упомянутый опцион в среднем с вдвое меньшей погрешностью, чем оригинальная формула Блэка – Шолза.

Применение карт Кохонена к анализу фондового рынка США

Князева Ирина Сергеевна
Научный руководитель:
Юрий Александрович Куперин, д-р физ.-мат. наук,
проф. физического факультета СПбГУ

В данной работе рассматривались три задачи. Первая задача - задача близкая к анализу финансовой отчетности, целью которой изначально был выбор акций наиболее подходящих с точки зрения заранее обозначенных критериев. Однако из-за недоступности необходимых данных из финансовой отчетности и технических трудностей в сборе информации данная задача не была решена, однако возможность такого подхода была проиллюстрирована на 30 компаниях составляющих индекс Dow Jones и получены достаточно значимые результаты. Вторая задача - это задача разделения компаний по тому, как они вели себя по отношению к рынку за какой-либо период. И третья задача - это задача первоначального выбора акций при формировании портфеля. Предложена идея, согласно которой акции можно включать или не включать в портфель в зависимости от того, как они расположены на карте. Результаты такого выбора продемонстрированы на акциях компаний, формирующих индекс NASDAQ 100 за шестилетний период с июня 1999 года по июль 2005 года.

Структура работы такова. В разделе 2 описан математический аппарат карт Кохонена и простая наглядная демонстрация ее работы на примере ирисов Фишера. В третьем разделе описан пример использования карт Кохонена для кластеризации компаний по данным из финансовой отчетности компаний формирующих индекс Dow Jones 30. В четвертом разделе представлен пример кластеризации компаний, формирующих индекс S&P 500, где в качестве критерия, по которому формировались кластеры, был взят вектор недельных доходностей за год. В пятом разделе представлен пример кластеризации компаний представляющих индекс NASDAQ 100 и применение результатов к выбору акций для формирования портфеля, развивающегося в последствии по Марковицу. В шестом разделе суммируются результаты и обсуждаются перспективы применения карт Кохонена.

Кластеризация и рейтингование американских паевых инвестиционных фондов с использованием нейронных сетей Кохонена

Лобанов Юрий Сергеевич
СПбГУ, математико-механический факультет, 5 курс

Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ядерной физики физического факультета СПбГУ

Работа направлена на решение современной актуальной проблемы – создание действующего механизма для упрощения и улучшения качества инвестиционного планирования. Существующие на данный момент похожие системы пользуются большой популярностью, так как позволяют быстро получить необходимую информацию о наиболее перспективных участниках рынка.

Результатом данной работы является создание системы кластеризации американских паевых инвестиционных фондов (U.S.Stock Funds) в виде сайта в сети Internet с целью упрощения выбора фондов и улучшения диверсификации портфеля инвестора. Важной частью проекта было создание интерфейса для кластеризации введенных пользователем данных в режиме он-лайн с помощью самоорганизующихся карт Кохонена. Теоретические исследования базировались на общедоступной информации по инвестиционным фондам и картам Кохонена. Сайт доступен в сети по адресу http://www.demo2.spb.ru. Там же находится остальные результаты и вся информация, имеющая отношение к данной работе.

Применение мультифрактального анализа в исследовании российского фондового рынка

Нечаев Александр Васильевич
Научный руководитель:
Дмитриева Людмила Анатольевна, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Мультифрактальный анализ представляет собой математический аппарат для выявления фрактальных или, в более общем случае, мультифрактальных свойств исследуемого объекта. Этот анализ может применяться к эмпирическим данным различной природы. Объектом изучения настоящей работы были временные ряды, представляющие котировки акций российского фондового рынка. Основная цель работы заключалась в том, чтобы выявить наличие фрактальной (мультифрактальной) структуры в исследуемых данных, что подтвердило бы теоретические предпосылки многих фрактальных моделей, таких, например, как “MMAR” (Multifractal Model of Assert Returns) и обосновало бы применимость мультифрактального моделирования на российском рынке акций.

Для исследования были выбраны котировки акций (на бирже ММВБ) наиболее ликвидных компаний нефтегазового сектора, металлургической и угольной промышленности за период с апреля 1999 года по апрель 2004 года. Для каждого финансового временного ряда изучалось следующие: расчет обобщенных статистических сумм и скейлинговой функции в зависимости от скейлингового параметра и графическое построение этих функций; производились расчеты обобщенных фрактальных размерностей и функций мультифрактального спектра, а также их графическое построение. В качестве вычислительного аппарата были использованы программы из пакета WaveLab, версии 802, разработанного в Стэндфордском Университете в 1996 году. В это пакет входят библиотеки m-функций, написанных на языке Matlab ранних версий (5.*) для работы в операционных системах Windows, DOS, а так же mex-файлы на языке C# для работы в операционной системе Unix. Вычисления производились на PC с операционной системой Win XP, в пакете Matlab, версии 6.5. Для достижения результатов была проведена оптимизация (изменение параметров и написание дополнительных кодов) алгоритмов WaveLab.

Результаты, полученные в ходе вычислительного эксперимента и последующего анализа, подтвердили предположение о наличии мультифрактальной структуры в исследованных финансовых временных рядах, и, следовательно, наличие нелинейной внутренней динамики на российском фондовом рынке. Полученные качественные и количественные характеристики открывают путь для построения прогностических мультифрактальных моделей, а также свидетельствуют о неприменимости традиционных линейных экономических моделей, используемых многими финансовыми аналитиками в настоящее время.

Система портфельного управления ценными бумагами с использованием искусственных нейронных сетей

Подузов Сергей Валерьевич, Кузнецов Александр Михайлович

Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Система объединяет классическую портфельную теорию, разработанную Г. Марковичем, и теорию искусственных нейронных сетей. Система призвана формировать инвестиционный портфель активов при заданных параметрах доходности и предельном уровне риске вложений.

В рамках этой задачи решалась оптимизационная задача квадратического программирования с нелинейными ограничениями для нахождения весов активов в портфеле. Использование нейронных сетей обеспечивает увеличение точности прогнозирования отдельно взятых активов и получение большей нормы прибыли по всему портфелю вложений.

Разработанная для инвесторов программа позволяет тестировать поведение динамического портфеля за любой исторический промежуток времени. Результаты тестирования доступны в графической и табличной форме с возможностью экспортирования в MS Excel.

Исследование методов нейросетевого прогнозирования финансовых временных рядов и построение на этой основе торговой стратегии

Федотов Александр Юрьевич
Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович,
д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ядерной физики физического факультета СПбГУ.

В проекте рассмотрены различные методы применения искусственных нейронных сетей в прогнозировании финансовых временных рядов. Сама такая возможность обусловлена наличием детерминированной хаотической составляющей в таких рядах. Были проанализированы основные трудности, возникающие в подобной задаче. Указаны пути их преодоления.

Как результат проделанной работы, был получен качественный незапаздывающий прогноз цен High и Low для российских и американских акций.

Также был осуществлен нейропрогноз технического индикатора MAD(n,m) = MA(n)-MA(m).

На основе этого индикатора и его нейропрогноза в пакете MATLAB была построена торговая стратегия. Прибыль стратегии без применения нейропрогноза составила 72,7% годовых, с применением – 88,1 % годовых. Таким образом, применение нейросетевого прогноза дало информацию, позволяющую извлечь дополнительные 15.4 %/год прибыли по сравнению со стратегией без нейропрогноза.

Кроме того, показано, что на всем временном интервале тестирования стратегии, составляющем 5,25 года, независимо от характера поведения рынка (растущий, падающий или боковой) стратегия приносит стабильный доход.

Прогнозирование волатильности финансовых данных с помощью мультифрактальной модели MSM

Шалагинов Евгений Алексеевич
Научный руководитель:
Дмитриева Людмила Анатольевна, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Работа посвящена прогнозированию волатильности финансовых временных рядов на основе мультифрактальной модели MSM (Markov Switching Multifractal Model). В рамках модели MSM получены явные аналитические формулы прогноза волатильности на различные временные горизонты. Для девяти финансовых инструментов американского фондового рынка (акции и биржевые индексы) фитированы параметры модели и осуществлены прогнозы волатильности упомянутых выше инструментов на горизонты от 1 до 50 дней. Проведено статистическое сравнение качества предсказаний, полученных с помощью моделей MSM и GARCH. Последняя модель выбрана как реперная, общепринятая модель прогнозирования волатильности. Показано, что на тестируемых данных мультифрактальная модель MSM прогнозирует волатильность во многих случаях лучше, чем GARCH. Предложены пути дальнейшего обобщения модели MSM с целью улучшения статистического качества прогнозов.

Прогнозы волатильности, полученные с помощью мультифрактальной модели MSM могут быть использованы для управления рисками, оценки стоимости опционов, выбора оптимального портфеля ценных бумаг

Анализ временных рядов на основе пакета TISEAN

Шестакова Ксения Юрьевна
Научный руководитель:
Дмитриева Людмила Анатольевна, кандидат физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

На основе пакета TISEAN 2.1 (www.mpipks-dresden.mpg.de/~tisean/TISEAN_2.1/index.html) создана программа на языке Visual C++ для анализа временных рядов, позволяющая получать основные характеристики временных рядов различной природы. TISEAN 2.1 – это пакет программного обеспечения, предназначенного для анализа временных рядов методами, основанными на теории нелинейных детерминированных динамических систем, созданный в Институте физики и теоретической химии университета города Франкфурта Райнером Хеггером (Rainer Hegger), Ольгером Канцом (Holger Kantz) и Томасом Шрайбером (Thomas Schreiber). Интерфейс программы весьма удобен, и позволяет не только получить результаты анализа в удобном для пользователя виде, но и визуализировать их. Алгоритмы, используемые в пакете TISEAN, теоретически хорошо обоснованы и обладают высокой точностью.

Большинство программных продуктов для анализа временных рядов используют только линейные модели, что делает их применимыми лишь для узкого класса временных рядов. Для анализа процессов в сложных системах необходимы методы, способные учитывать нелинейности и динамический хаос в поведении системы. В предлагаемом программном продукте предусмотрена проверка данного временного ряда на нелинейность, и проведение корректных расчетов основных характеристик временного ряда. Для анализа динамики временных рядов ключевым подходом является реконструкция аттрактора фазового пространства на основе оптимально выбранных параметров реконструкции. На базе метода реконструкции аттрактора в лаговом пространстве базируются почти все современные методы расчета характеристик временных рядов.

В предлагаемом программном продукте реализованы следующие методы анализа временных рядов:

1. Методы, позволяющие реконструировать аттрактор (метод временных задержек), и получить оптимальные параметры для реконструкции, такие, как временная задержка (метод ложных ближайших соседей) и размерность вложения (взаимная информация о временных задержках). Реализован также метод построения сечения Пуанкаре.
2. Методы, позволяющие тестировать заданный ряд на нелинейность. К ним относятся метод суррогатных данных и метод измерения ассиметрии данных при изменении направления времени.
3. Методы уменьшения шума во временном ряде, а именно, нелинейное уменьшение шума и локальное проективное уменьшения шума временного ряда.
4. Методы нелинейного и линейного предсказания временных рядов.
5. Разложение по сингулярным числам (SVD) и поиск экстремумов временного ряда.
6. Вычисление показателя Херста на основе современных алгоритмов R/S анализа.

Большинство из методов, описанных выше, были протестированы на модельных данных. В результате были получены численные результаты, хорошо согласующиеся с теоретическими вычислениями или оценками.

О. Заседание секции

"Физика Земли, атмосферы и космоса"

Стендовые доклады
с устными комментариями

Аудитория В-04
и холл около неё для стендов
2 ноября 2005 года, среда, 12:30

Солнечная корона и геомагнитная активность

Алексеев Дмитрий Сергеевич

Научный руководитель:
Понявин Дмитрий Иванович, доцент физического факультета СПбГУ

Наблюдения солнечной короны во время затмений отражают крупномасштабную картину магнитных полей на Солнце. Эти магнитные поля обладают сложной структурой. Солнечная корона, контролируемая крупномасштабными магнитными полями, связана с солнечным ветром, вызывающим геомагнитные возмущения. Исторические наблюдения солнечной короны представляют интерес с точки зрения эволюции магнитных полей на Солнце в период, когда прямых наблюдений короны не проводилось.

Целью данной работы является сопоставление исторических зарисовок и фотографий солнечной короны во время затмений с рядом геомагнитной активности.

Эволюция магнитного поля на Солнце

Бажанов Антон Андреевич

Научный руководитель: Понявин Дмитрий Иванович,
доцент физического факультета СПбГУ.

Каждый из нас представляет себе как построена карта Земной поверхности. Аналогичным образом можно построить карту Солнечной поверхности, на которой изображено его магнитное поле в каждой точке, а именно: если каждый день снимать величину поля в определенной области Солнца, то через 27 дней и ~6 часов можно построить карту Солнечного магнитного поля за одно полное вращение. В работе были использованы именно такие данные, взятые из обсерватории Kitt Peak, Аризона, США. Усреднение синоптических карт в системе Matlab показало, что магнитное поле Солнца имеет дипольную структуру, если рассматривать его как звезду (то есть на достаточно большом расстоянии от него по сравнению с диаметром) и выявило слой нейтральной полярности, который является основанием гелиосферного токового слоя. Результаты работы аналогичны аппаратному усреднению, проведенному А.Б.Северным в 1966 г., который использовал магнитографы разной разрешающей способности.

Во второй части работы была прослежена эволюция крупномасштабных областей магнитного поля в цикле солнечной активности.

Solar magnetic field evolution.

Bazhanov Anton

Scientific supervisor: Ponyavin Dmitry,
Associate Professor, Saint-Petersburg State University

Everyone knows the principles of the Earth surface map creating. The same methodic works for the Solar surface maps, where magnetic field is figured. If we obtain the magnitude of the field in a certain area everyday, after 27 days and ~6 hours we can get one full rotation solar magnetic map. In the project we used the data obtained in Kitt Peak (Arizona, USA). The averaging of the synoptic maps in the MathLab system showed that the solar magnetic field has a dipole structure, if we regard the Sun as a star (when the observational distance is large in comparison with the solar radius), and detected the neutral polarity layer, which is the basis of the heliospheric current sheet. The results of the project are similar to the apparatus averaging which was used by A.B.Severny in 1966, who used magnetographs of different resolution ability.

In the second part we analyzed the evolution of the large-scale magnetic field areas in the solar cycle.

Планетные системы звёзд, подобных Солнцу: к чему привели десять лет открытий?

Балуев Роман Владимирович

Научный руководитель: Холшевников Константин Владиславович,
д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой небесной механики СПбГУ

С момента открытия в Обсерватории Верхнего Прованса (Франция) в 1995 г. первой внесолнечной планеты, обращающейся вокруг звезды 51 Пегаса, прошло 10 лет. Это эпохальное событие поставило множество вопросов и открыло новую область астрономических исследований. На сегодня известно около 150 подтверждённых (наблюдениями многих обсерваторий) кандидатов во внесолнечные планеты и ещё около 20 ожидают подтверждения. Большая часть открытых систем существенно отличается от Солнечной. В частности, массы значительной доли открытых экзопланет существенно превышают массу Юпитера; при этом движутся такие объекты на малых расстояниях от центральной звезды. Около 15% всех экзопланет (в том числе и упомянутая 51 Peg b) входят в класс «горячих юпитеров» - планет с большой полуосью орбиты около 0.05 а.е. и массой около массы Юпитера. Само наличие этих объектов поставило под сомнение принятые ранее теории образования планетных систем, основанные на примере Солнечной системы, и привело к развитию теорий орбитальной миграции и др.

Подавляющее большинство экзопланетных кандидатов было обнаружено по вариациям лучевой скорости центральной звезды, вызванных гравитационным взаимодействием с планетой. Такой метод вносит существенные искажения в наблюдаемые распределения как масс, так и орбитальных параметров открываемых объектов (чем больше масса планеты и чем ближе она к своей звезде тем больше амплитуда колебаний лучевой скорости и тем проще планету обнаружить). Также могут быть открыты только планеты, орбитальный период (а значит, и большая полуось) которых достаточно мал, в связи с необходимостью проследить кривую лучевых скоростей на протяжении приблизительно всего орбитального периода планеты. Кроме того, из наблюдений не определяется ни сама масса планеты m, ни угол наклона i её орбиты к картинной плоскости, а лишь их комбинация $m \sin i$. Эти главные (но не единственные) свойства метода лучевых скоростей приводят к сильным селекционным эффектам, которые нельзя не учитывать. Помимо этого, недостаточное количество объектов в наблюдаемой выборке экзопланет приводит к большому статистическому шуму, также искажающему получаемые распределения. Описанные эффекты заставляют признать, что вопрос о степени уникальности Солнечной системы остаётся открытым.

В представленной работе проводится анализ значимости и надёжности некоторых полученных зарубежными авторами статистических результатов, касающихся внесолнечных планет. Был разработан метод непараметрической оценки плотности распределения какой-либо случайной величины, основанный на использовании вейвлет-преобразований. Метод нацелен на поиск (выявление) специфических структур в рассматриваемом распределении и даёт существенно лучшую точность, чем классические методы математической статистики. Этот метод был применён к анализу одномерных распределений некоторых важных характеристик экзопланет и их орбит. Поставлена и частично решена задача об исключении (точнее говоря, уменьшении) эффектов селекции, искажающих распределения с использованием построенного метода. Демонстрируются полученные с его помощью результаты, в частности, корректные оценки надежности факта присутствия «горячих юпитеров» как отдельной популяции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-02-17408), программы «Университеты России» (проект ур. 02.01.301), Ведущей научной школы (грант НШ-1078.2003.2)

Сравнение методов полной и редуцированной корреляционной функции применительно к анализу данных каталога 2dFGRS

Васильев Николай Львович
Научный руководитель:
Барышев Юрий Викторович, доктор физ.-мат. наук,
вед. науч. сотр. Астрономического института СПбГУ

Традиционно двухточечная корреляционная функция используется для количественного анализа крупномасштабной структуры распределений галактик и других внегалактических объектов. Новейшие обзоры, такие как 2dF и SDSS, содержащие точно измеренные координаты и красные смещения для сотен тысяч галактик и десятков тысяч квазаров, показывают наличие крупномасштабных неоднородностей достигающих сотен мегапарсек. В связи с этим большую актуальность приобретает вопрос об адекватности применяемых методов анализа.

В подавляющем большинстве современных работ, посвященных анализу крупномасштабной структуры (кластеризации) по данным каталога галактик 2dFGRS и других каталогов определяется показатель степени (наклон) редуцированной корреляционной функции. Определяемый таким образом показатель степени при проведении аппроксимации для масштабов порядка корреляционной длины составляет около 1.7.

Однако анализ модельных фрактальных распределений (случайные Канторовские множества), соответствующих случаю сильных крупномасштабных корреляций, показал, что степенной характер для них имеют полная корреляционная функция и условная плотность. Соответственно редуцированная корреляционная функция имеет нестепенной характер, то есть определяемый наклон зависит от масштаба, на котором выполняется степенная аппроксимация.

Применение метода полной корреляционной функции (условной плотности) к реальным данным каталога 2dFGRS показывает степенной вид данной функции с показателем степени порядка 0.8 для всех анализируемых масштабов, что почти в два раза отличается от наклона редуцированной корреляционной функции в районе масштаба корреляционной длины. Такое же отличие получено и в случае применения этих двух методов к модельным фрактальным распределениям с фрактальной размерностью 2.2.

О критических параметрах релятивистского белого карлика

Дементьев Андрей Викторович
Научный руководитель:
Иванов Всеволод Владимирович, д-р физ.-мат. наук, проф.,
зав. кафедрой астрофизики математико-механического
факультета СПбГУ

Путем прямого численного интегрирования релятивистского уравнения гидростатического равновесия (уравнения Толмена-Оппенгеймера-Волкова) с использованием уравнения состояния идеального полностью вырожденного электронного газа получены точные критические параметры для холодного белого карлика – масса M_{crit}, радиус R_{crit} и центральная плотность ρ_c. Проведено сравнение результатов с известными значениями этих параметров, получаемых аналитически в различных приближениях. В частности, если средний молекулярный вес, приходящийся на один электрон μ_e=2, то точное значение $\rho_c=3.555\cdot10^{10}$ г/см^3, в то время как приближенный энергетический метод, рассматриваемый обычно в качестве стандартного, дает заметно отличающееся значение $\rho_c=2.646\cdot10^{10}$ г/см^3.

Неустойчивость Паркера как причина образования сверхоблаков.

Захаров Евгений Осипович
Научный руководители:
Дудоров Александр Егорович, доктор физ.-мат. наук,
профессор физического факультета ЧелГУ

С помощью численного моделирования в рамках трехмерного МГД приближения исследуется развитие неустойчивости Паркера[1] в диске нашей Галактике.

Предварительный численный анализ с помощью кода, основанного на разностном методе Roy [2] показали, что для исследования этого процесса необходимо использовать разностную сетку с числом узлов, не менее 150x150x150. Дополнительная сложность состоит в том, что характерное время развития неустойчивости Паркера в обычных условиях значительно превышает магнитогидродинамическое время пересечения.

Поэтому для моделирования использовался трехмерный численный код De Vore [3], позволяющий вести расчеты на динамически адаптивной сетке с большим числом вложений.

В качестве механизмов ускорения развития неустойчивости Паркера рассматриваются космические лучи и охлаждения межзвездной средой[4].

Численные исследования показали, что при учете указанных выше факторах в результате развития неустойчивости Паркера в Галактическом диске могут образоваться сверхоблака[5] с массами 10^6 M_{SUN} и размерами до 1 кпс при расчетном контрасте плотности порядка 5. В работе проводится сравнение полученных результатов с наблюдениями и другими возможностями усиления контраста плотности.

Список литературы:

1. E. N. Parker, The dynamical state of the interstellar gas and field (ApJ 145, p. 811, March, 1966).

2. Е. О. Захаров, Моделирование неустойчивости Паркера (Сборник трудов34-й студенческой научной конференции «Физика космоса», стр. 212., 2005).

3. C. R. DeVore, Journal of Computational Physics 92 (1991) 142.

4. Ю. А. Щекинов, И. И. Зинченко, О происхождении гигантских молекулярных облаков. (АЖ том 81, № 8, стр. 694, 2004).

5. B. G. Elmegreen, The formation of giant cloud complexes by the Parker-Jeans instability (ApJ 253, p. 655, February 1982).

Экспериментальное исследование резонансного механизма конвекции

Иванов Никита Александрович
Научный руководитель: Зюзгин Алексей Викторович, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета ПГУ

В земной атмосфере и гидросфере возможно существование глобальных явлений переноса, вызванных циклическими изменениями тепловых и силовых условий конвективных систем. Из-за масштабов газовых и жидких систем их собственные частоты колебаний не велики. Поэтому особенно интересным представляется изучение резонансных эффектов тепло-массообмена в таких средах.

Теоретически эффект был предсказан еще в 70-х годах прошлого века Г. З. Гершуни[1], но экспериментально исследован лишь в горизонтальном цилиндре лишь 30 лет спустя. Данное исследование имеет целью изучение резонансного механизма конвекции в полостях другой конфигурации.

В данной работе экспериментально исследуется задача о параметрическом возбуждении конвективного резонансного теплообмена в вертикальном слое неоднородно нагретой жидкости. Изучаются режимы конвекции в статическом поле тяжести и влияние низкочастотных изменений силового поля на конвективную устойчивость. В этом случае каждое колебание вызывает отклик системы, и можно подобрать такие частоты и амплитуды, при которых происходит резонансное возбуждение в слое.

В качестве конвективной системы выбирается слой жидкости, заключенный между двумя вертикальными изотермическими пластинами, нагретыми до разных температур. Частота собственных конвективных колебаний в слоях такой конфигурации имеет порядок нескольких герц, поэтому в работе использовался механический вибратор.

Эффекты гравитационной конвекции определяются числом Релея ***Ra*** (1), в параметрической конвекции критерием подобия ***r***:

$$\mathrm{Ra} = \frac{g\beta h^3\,\theta}{\nu\chi} \qquad (1)$$

$$\mathrm{r} = \frac{\omega^2\, b\mathrm{Ra}}{g\mathrm{Ra}^*} \qquad (2)$$

Здесь b и ω – амплитуда и круговая частота вибраций; β, ν, χ-коэффициенты соответственно теплового расширения, кинематической вязкости и температуропроводности жидкости (керосина Т-1).

В результате проведения экспериментальных работ в статическом поле тяжести была получена область значений управляющих параметров задачи, в которой основное подьемно-опускное течение устойчиво. Обнаружено, что при воздействии на конвективную систему колебаниями с высоким значением вибрационного ускорения и размерной частотой не более 18 Гц устойчивость базовой конвективной циркуляции нарушается и на ее фоне возникает параметрически-возбужденный резонансный конвективный режим теплообмена. Структура течения, периодическая в продольном горизонтальном направлении, имеет вид вертикально ориентированных конвективных валов. Теплообмен через слой существенно интенсифицируется.

Пермский Государственный Университет, физический факультет, кафедра общей физики,
E-mail для контактов: ***kof5@psu.ru*** **.**
Почтовый адрес: 614100, г.Пермь, ул Букирева 15, Пермский ГУ, Физический факультет, кафедра общей физики.

[1] Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости, М.: Наука, 1972, 392 с.

Теоретическая модель стационарного пересоединения в токовом слое конечной толщины в МГД-приближении

Коровинский Даниил Борисович

Научный руководитель: Семенов Владимир Семенович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Согласно современным представлениям, одним из основных процессов, ответственных за такие явления, как солнечные вспышки и магнитосферные суббури, является магнитное пересоединение. Магнитное пересоединение меняет топологию магнитного поля и, следовательно, является процессом диссипативным. Поскольку космическая плазма может рассматриваться, как бесстолкновительная, то диссипативные процессы происходят на очень маленьких масштабах – порядка инерционной длины протона l_i. На таких масштабах плазма с хорошей степенью точности описывается в рамках электронной холловской магнитогидродинамики, при этом протоны на таких масштабах могут быть рассматриваемы, как неподвижные. Таким образом, возникает вопрос о механизме разгона протонов до альфвеновских скоростей, что имеет место при процессах пересоединения.

Была решена стационарная система уравнений холловской МГД для 2-мерного погранслоя заключенного внутри X-линии на масштабах порядка l_i и показано, что механизм разгона протонов имеет следующий вид: вблизи X-точки происходит ускорение электронов в направлении перпендикулярном к плоскости погранслоя, затем происходит разворот электронов, который осуществляется волнами типа вистлер, после чего протоны ускоряются электронами за счет торможения последних.

Влияние турбулентного давления на коллапс протозвёздных облаков

Кочеров Андрей Валерьевич

Научные руководители: Замоздра Сергей Николаевич, ст. преподаватель КТФ ГОУВПО ЧелГУ
Дудоров Александр Егорович, д. ф.-м. н, профессор физического факультета ГОУВПО ЧелГУ

Изучается эволюция альвеновской магнитогидродинамической (МГД) турбулентности в процессе изотермического коллапса протозвёздных облаков (ПЗО) и возможное влияние турбулентного давления, как на замедление коллапса, так и на основные характеристики образующихся протозвёзд (массы, радиусы, скорость аккреции). Исследования проводятся с помощью численного моделирования МГД коллапса методом Лакса-Вендроффа в рамках 1.5 приближения [1]. При этом к системе МГД уравнений с учётом амбиполярной диффузии добавляются уравнения для двух первых статистических моментов МГД турбулентности (энергонесущего масштаба и турбулентного давления).

В работе показывается, что в случае вмороженного магнитного поля возможно лёгкое усиление МГД турбулентности в центральных частях ПЗО, которое проявляется в незначительном замедлении коллапса на начальных стадиях, а также в увеличении масс образующихся звёзд и скорости аккреции. Эффективность турбулентного замедления сжатия возрастает с приближением начального состояния ПЗО к вириальному равновесию. Магнитная амбиполярная диффузия, проявляющаяся в центральных областях ПЗО с низкой степенью ионизации ($x < 10^{-10}$), приводит к эффективному затуханию МГД турбулентности на временах, сравнимых с временем свободного спадания t_{ff}.

Список литературы:

[1] Дудоров А. Е., Сазонов Ю. В.; “Гидродинамика коллапса межзвёздных облаков. I. Численный метод расчёта”, Научные информации астросовета АН СССР, Т. 49, с. 114-131, 1981 г.

Расчет скейлинга электропроводности методом случайных блужданий

Кудин Александр Николаевич
Научный руководитель:
Крылов Сергей Сергеевич, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

При протекании тока в двухкомпонентной, случайно – неоднородной, сильно контрастной среде, имеющей фрактальную структуру, наблюдается масштабная зависимость (скейлинг) электропроводности, описываемая степенным законом. Показатель степени можно оценить, используя метод случайных блужданий. В однородной среде, которая моделируется регулярной сеткой, среднеквадратичное расстояние, пройденное частицей за время ***t***, пропорционально этому времени. Во фрактальной среде зависимость становится степенной с нецелым показателем, который связан со скейлинговым показателем для электропроводности посредством уравнения Эйнштейна.

Для оценки скейлинговых эффектов в случайно – неоднородных фрактальных средах мы провели компьютерные моделирования на сетках размерами до 500x500 ячеек. В качестве моделей использовались регулярные сетки, на которых тестировалась программа случайных блужданий, и также модели в виде регулярных фракталов и критические перколяционные системы.

Для построения критического перколяционного кластера использовался как метод Зиффа, так и собственный метод «случайного заполнения». Фрактальные размерности кластеров определялись клеточным методом. Тестирование программы показало хорошее совпадение величин различных параметров моделей с ранее известными, теоретическими значениями. Таким образом, разработанная программа позволяла рассчитывать скейлинг электропроводности для двумерных моделей двухкомпонентных, случайно – неоднородных, сильно контрастных сред.

Для расчета скейлинга электропроводности реальной геологической структуры мы использовали сканированное изображение поверхности образца железистого кварцита отколотого от массивного рудного тела на Печегубском месторождении, на котором ранее экспериментально был выявлен скейлинг. Железистые кварциты можно в первом приближении рассматривать как двухкомпонентную среду с высокой контрастностью электропроводности компонент, так как порода, содержащая магнетит является относительно хорошим проводником, а кварц – изолятором. Расчеты, выполненные методом случайных блужданий, позволили получить степенной показатель для электропроводности, который хорошо совпал с результатами, полученными из эксперимента.

Разрушение гигантских молекулярных облаков

зонами H II молодых массивных звёзд

Лемешев Виктор Сергеевич

Научный руководитель:
Волков Евгений Владиславович, доцент, ст. науч. сотрудник
Астрономического института имени В.В. Соболева

Произведён анализ процессов, влияющих на разрушение гигантских молекулярных облаков (ГМО) под воздействием H II (зон Стрёмгрена) молодых массивных звёзд. Произведены оценки зависимости вероятностей разрушения гигантских молекулярных облаков от различных параметров: эффективности звездообразования, концентрации частиц, массы облака и т.д. Выяснено, что вероятность этого события сильно зависит от концентрации частиц в ГМО и эффективности звездообразования. Сделаны оценки зависимости средней массы рождающихся звёзд от времени. Не обнаружено значительного отклонения смоделированного среднего спектра масс от теоретического в процессе эволюции облака, но найдены его флуктуации в области больших масс для отдельных экспериментов. Проведено исследование зависимости возрастания суммарного объёма зон H II в течение процесса звездообразования. При этом аналитические и численные модели показали сходные результаты.

Усовершенствование методики лучевой сейсмотомографии при учете ширины зоны Френеля.

Манучарова Татьяна Юрьевна
Научный руководитель:
Яновская Татьяна Борисовна, доктор физ.-мат. наук
профессор физического факультета СПбГУ

Для изучения строения верхней мантии Земли в настоящее время широко используется информация о скоростях поверхностных волн. Основной метод исследования – лучевая сейсмотомография. При этом исходные данные – получаемые из наблюдений средние скорости по трассам – рассматриваются как функционалы по лучам, т.е. по бесконечно тонким линиям на поверхности Земли. Однако такой подход справедлив только в случае высоких частот, а именно таких, для которых длины волн значительно меньше размеров исследуемых неоднородностей (латеральных вариаций скорости). В то же время для изучения строения глубинных зон необходимо использовать волны, длины которых порядка глубины исследования (600-800 км). Очевидно, что при использовании таких данных лучевая томография оказывается неприменима. В этом случае при построении функционалов, связывающих исходные данные с искомыми вариациями скорости, необходимо учитывать ширину зоны Френеля и соответственно модифицировать методику сейсмотомографии.

Целью данной работы была разработка такой методики. Рассмотрено несколько видов функционала связи латеральных вариаций скорости с измеряемой средней скоростью на трассе между очагом и станцией. В методике сейсмотомографии использованы два варианта априорных ограничений на характер латеральных вариаций скорости. Сравнение вариантов метода на модельных примерах позволило выявить способ, приводящий к наилучшему решению.

.

Исследование пекулярной галактики A0323-0430

Меркулова Ольга Алексеевна

Нучный руководитель:

Яковлева Валерия Александровна, канд. физ.-мат. наук,

доцент кафедры астрофизики мат.-мех. факультета СПбГУ

Выполнено фотометрическое и спектральное исследование галактики с очень интересной многокомпонентной структурой A0323-0430. Изображения галактики в узкополосных фильтрах и спектры с длинной щелью были получены на 6- м телескопе Специальной астрофизической обсерватории РАН. Анализ этих данных показал, что для структуры с позиционным углом большой оси PA=135^0 характерны следующие особенности: наличие "boxy" формы изофот на расстоянии от 5” до 12” от центра галактики; существование "горба" на профиле яркости (r = 10") и совпадение его положения с положением максимума эллиптичности; поворот позиционного угла. Все это, а также картина "нерезкой маски" и обнаружение некруговых движений газа и звезд в области этой структуры позволяют высказать предположение о наличии крупномасштабного бара, с размером большой полуоси a = 4.84 кпк (11") и позиционным углом PA ≈ 140^0. Таким образом, предполагаемая раннее кольцеобразная структура оказалась баром.

На основании изображений галактики, позволивших выявить самые слабые области, и "критерия спиральности" можно заподозрить существование во внешнем диск двух спиральных рукавов. По нашим оценкам этот диск имеет следующие параметры: большая полуось a = 18÷19 кпк (40"÷44"), позиционный угол большой оси PA=20^0, угол наклона диска i = 55^0.

Наличие бара и двух спиральных рукавов позволяет сделать вывод о принадлежности галактики A0323-0430 классу SBb в Хаббловской классификации галактик.

Процессы, определяющие эволюцию спектра излучения во Вселенной в эпоху радиационно доминированной плазмы

Мильченко Юрий Анатольевич
Научный руководитель:
Нагирнер Дмитрий Исидорович, доктор физ.-мат. наук, профессор,
профессор кафедры астрофизики математико-механического факультета СПбГУ

В работе рассматривается задача о расчете интенсивности и спектра излучения в бесконечной однородной и изотропной среде при высоких температурах, когда возможны рождения электрон-позитронных пар, применительно к соответствующей эпохе расширения Вселенной. В существующей космологической теории определяется только, насколько возрастает температура излучения и вещества за счет того, что энергии покоя всех позитронов и такого же количества электронов переходят в тепло. Расчетов динамики этого процесса не производилось.

Сформулировано релятивистское кинетическое уравнение,описывающее эволюцию излучения с учетом трех типов радиационных процессов, а именно, тормозного поглощения и излучения, комптоновского рассеяния и двухфотонных процессов с электрон-позитронными парами. Поскольку как среда, так и излучение предполагаются однородными и изотропными, интенсивность излучения (вместо нее используются средние числа заполнения фотонных состояний) зависит только от времени и частоты.

Принимается во внимание космологическое расширение пространства, что требует для проведения расчетов выбора определенной космологической модели. Считается, что в каждый момент времени вещество, состоящее из нуклонов, электронов и позитронов, находится в равновесии, причем не является вырожденным, что проверено вычислением релятивистского параметра вырождения, который оказывается достаточно малым. Поэтому в качестве распределения электронов и позитронов по импульсам применяется релятивистское максвелловское распределение, одинаковое для обоих видов частиц.

Рассчитаны релятивистский коэффициент тормозного поглощения, а также коэффициенты ослабления за счет комптоновского рассеяния и рождения пар. Рассчитаны также коэффициенты тормозного излучения и излучения двух фотонов при аннигиляции пар. Функция перераспределения по частоте и направлениям при комптоновском рассеянии вычислялась по точным формулам. Температура задавалась в виде современной температуры реликтового излучения, умноженной на красное смещение. По температуре рассчитаны концентрации электронов и позитронов.

Рассчитанные коэффициенты сравниваются между собой и определяются области температур (тем самым красных смещений) и частот, при которых каждый из них играет основную роль. Впоследствие предполагается получить решение составленных уравнений.

Стационарная релятивистская сферическая аккреция на невращающуюся черную дыру

Нестеренко Роман Сергеевич
Научный руководитель:
Нагирнер Дмитрий Исидорович, доктор физ.-мат. наук, профессор,
профессор кафедры астрофизики математико-механического факультета
СПбГУ

В работе решается задача о стационарной сферической аккреции ультрарелятивистского вещества на шварцшильдовскую черную дыру.

Приводятся выражения для элементов шварцшильдовского метрического тензора и релятивистского тензора-энергии импульса (ТЭИ). В качестве уравнений, описывающих аккрецию, приняты уравнения, выражающие равенство нулю компонент ковариантной дивергенции от ТЭИ. Так как течение радиальное, таких уравнений оказывается два. Использование уравнения состояния ультрарелятивистского вещества позволяет искомыми функциями считать скорость и давление.

Рассматривается стационарная аккреция. В этом случае искомые функции определяются обыкновенными дифференциальными уравнениями, причем одно из них интегрируется и давление выражается через скорость. Для скорости получается обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка, которое упрощается введением новых неизвестной функции и независимой переменной.

Простой заменой уравнение приводится к разделению переменных и общее его решение находится в неявной форме, в виде кубического уравнения относительно квадрата так называемой собственной скорости. Кубическое уравнение решается с помощью формул Кардано и строятся графики трех типов решений: сверхсветового (тахионы, не имеющие физического смысла), сверхзвукового и дозвукового. Решение, проходящее через особую точку типа седло, составляется частично из дозвукового, а частично из сверхзвукового решений.

Влияние вибраций на конвекцию в вертикальном слое жидкости.

Осокин Андрей Георгиевич
Научный руководитель:
Зюзгин Алексей Викторович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета ПГУ

Различные явления и процессы в атмосфере и океане, связанные с единичными и циклическими изменениями температуры (суточными, сезонными и т.д.), требуют учета конвекции при изменяющихся со временем подъемных силах. Благодаря этому задачи управления конвективными системами привлекают к себе внимание исследователей.

В данной работе экспериментально исследуется задача об управлении конвективным теплообменом в вертикальном слое неоднородно нагретой жидкости. Изучаются режимы конвекции в статическом поле тяжести, а также воздействие осредненной массовой силы инерционной природы (высокочастотное приближение) на систему.

В качестве конвективной системы был выбран слой жидкости, заключенный между двумя вертикальными изотермическими пластинами, нагретыми до разных температур. Размеры конвективной камеры (толщина рабочего слоя – 3 мм и высота – 300 мм) обеспечивают взаимодействие волн, развивающихся в подъемном и опускном течениях.

Эффекты гравитационной конвекции определяются числом Релея Ra (1) , вибрационной конвекции - аналогом числа Релея Ra_V (2):

$$Ra = \frac{g\beta\theta h^3}{\nu\chi} \tag{1}$$

$$Rav = \frac{(b\omega\beta h\theta)^2}{2\nu\chi} \tag{2}$$

В этих выражениях b и ω – амплитуда и круговая частота вибраций**;** β, ν, χ-коэффициенты соответственно теплового расширения, кинематической вязкости и температуропроводности жидкости (керосина).

В экспериментах используется механический вибростенд, обеспечивающий большую, по сравнению с электродинамическим, амплитуду смещения b. Это позволяет развивать большие круговые скорости $b\omega$ при меньших перегрузках $b\omega^2$**.** Возможности повышения критериев Ra_V за счет разности ΔT ограничены температурной стойкостью рабочей жидкости и материалов, из которых изготовлена конвективная камера.

В результате проведения экспериментальных работ в статическом поле тяжести были обнаружены и зарегистрированы моды неустойчивости, а также пороговые значения Ra, при которых они возникают ($4{,}8\cdot10^4$; $6{,}9\cdot10^4$ и $8{,}5\cdot10^4$). При этом регистрировались сигналы термопар и методом быстрого преобразования Фурье строились спектры частот. Была также построена карта режимов в плоскости управляющих параметров Ra и Ra_V.

Метод определения пересоединившегося потока в хвосте магнитосферы по вариациям магнитного поля, измеренных на спутниках

Смирнова Татьяна Сергеевна
Научные руководители:
Семёнов Владимир Семенович, доктор физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Процесс пересоединения магнитных полей является одним из самых фундаментальных для физики магнитосферы. Он имеет место в токовых слоях, существование которых определяется высокой проводимостью плазмы, и суть его состоит в локальном взрывообразном повышении сопротивления, в результате чего происходит «перезамыкание» силовых линий и ускорение плазмы. Этот процесс управляет всей динамикой поведения магнитосферы, начиная от лобовой части, где пересоединение зависит от знака межпланетного магнитного поля и кончая пересоединением в токовом слое хвоста магнитосферы, являясь непосредственной причиной магнитных бурь и полярных сияний. Поэтому очень важно уметь определять характеристики пересоединения по данным, полученным со спутников.

Основываясь на МГД модели нестационарного пересоединения для несжимаемой плазмы, был разработан метод определения пересоединившегося потока по вариациям магнитного поля. Он основан на том, что интеграл от нормальной к токовому слою компоненты магнитного поля по времени пропорционален величине пересоединившегося потока, что позволяет определить по вариациям поля на спутнике величину пересоединившегося магнитного потока и отличить случаи пересоединения от случаев возмущений вызванных поверхностными волнами на токовом слое.

Связь геомагнитной активности с неравномерностями вращательного движения Земли

Трофимов Дмитрий Александрович
Научный руководитель:
Петров Сергей Дмитриевич, канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры астрономии СПбГУ

Целью работы является выяснение возможных причин, вызывающих нерегулярные изменения продолжительности суток (LOD). Нерегулярные изменения LOD, достигающие порой 5 мс/год и проявляющиеся на временных масштабах в несколько десятков лет, известны давно, однако причины их появления до сих пор неясны.

В настоящее время существует две группы теорий, пытающихся объяснить возникновение данных неравномерностей. Первая группа называет причиной вариаций жидкое ядро Земли, сейчас эти гипотезы пользуются наибольшим признанием, однако имеющиеся на настоящий момент данные не позволяют подтвердить или опровергнуть эти предположения. Вторая группа гипотез называет в качестве причины возникновения нерегулярных вариаций солнечную активность. В представленной работе предпринята попытка проверить одну из этих гипотез.

Цель работы – проверить гипотезу об электромагнитном воздействии на мантию со стороны солнечного ветра. Для этого необходимо определить наиболее статистически связанный с LOD геомагнитный индекс, оценить возможную величину воздействия со стороны геомагнитного поля на мантию, попытаться восстановить на основе ряда индекса ряд LOD.

В ходе работы выполнена большая работа с литературными источниками, на основе работ [1][2][3][4], показана перспективность данных гипотез, определен наиболее связанный с LOD геомагнитный индекс – аа (коэффициент корреляции 0.68), на основе данных работы [5] произведена оценка величины полоидальной части электромагнитного момента. Несмотря на то, что величина оказалась недостаточной для возбуждения наблюдаемых колебаний, она сопоставима с такими эффектами как влияние атмосферы или изменение массы полярных шапок. Перспективы работы заключаются в оценке тороидальной части момента.

Список литературы

1. *Lambek K., Cazenave* A. Long Term Variations in the Length of Day and Climatic Change// In: Geophys. J. R. astr. Soc. 1976, №46, p. 555-573.
2. *Friis-Christensen E., Lassen K.* Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate// Science, 1991, 254, p. 698-700.
3. *Kalinin Yu. D., Kiselev V. M.* Relation between Geomagnetic Activity, Solar-Wind Velocity, and the Irregular Daily Rotation of the Earth// Geomagnetism and Aeronomy 1980 №6, p. 702-704.
4. *Киселев В. М.* Неравномерность суточного вращения Земли, Новосибирск, Наука, 1980.
5. *Cengiz Celik.* Worldwide features of magnetic storms using spherical harmonic analysis of Intermagnet data// Geophys. J. Int. (2004) 159, 495-508.

DGPS с использованием систем мобильной связи

Фетисов Сергей Анатольевич
Научный руководитель:
Петров Сергей Дмитриевич , доцент кафедры астрономии СПбГУ

Основной проблемой использования Global Positioning System (GPS) [1] с целью определения координат объекта в автономном режиме является отсутствие возможности проведения постобработки результатов измерений в требуемых временных масштабах, и как следствие, низкая точность определения координат. Один из путей решения этой проблемы – использование GPS в дифференциальном режиме (DGPS)[2,3].

Существующие дифференциальные системы (WAAS, EGNOS) имеют следующие ограничения:

- ограниченный радиус действия;
- высокая стоимость эксплуатации;
- необходимость сертификации радиопередающей аппаратуры.

Данные ограничения возможно снять используя в качестве канала связи сеть Интернет и мобильный доступ к нему за счет технологи GPRS.

Результаты

В результате работы было реализовано программное обеспечение, которое включает в себя:

1. Интерфейс взаимодействия GPS модулей с ПК (КПК), на основе протоколов передачи данных NMEA-0183 [4] и бинарных протоколов фирм производителей;
2. Интерфейс взаимодействия между стационарной и мобильной станциями по каналу связи (Internet, GPRS);
3. Определение дифференциальных поправок по методам “коррекции координат” и “коррекции псевдодальностей ” [2,3] в соответствии со стандартом RTCM[5].

Список литературы

1. Navstar GPS Space Segment / Navigation User Interfaces. Arinc research corporation, 2000.
2. Одуан К., Гино Б. Измерение времени. Основы GPS. Москва: Техносфера, 2002.
3. Соловьёв Ю. А. Спутниковая навигация и её приложения. Москва: Эко-Тендз, 2003.
4. NMEA 0183 Interface Standard Version 3.1. National Marine Electronics Association , 2002.
5. RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version 3.0. RTCM Special Committee 104 on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Service.

Мониторинг блазара АО 0235+164

Шапиро Анна Владимировна
Научный руководитель:
Гаген-Торн Владимир Александрович, доктор физ.-мат. наук,
профессор кафедры астрофизики СПбГУ

Последние несколько десятилетий активные внегалактические объекты изучаются очень интенсивно. Это связано в первую очередь с тем, что их ядра выделяют огромное количество энергии. Механизмы этого энерговыделения до сих пор не до конца ясны. Сведения об этих объектах получены в основном из анализа приходящих от них потоков.

В данной работе исследовано фотометрическое поведение одного из типичных представителей блазаров - АО 0235+16. Проведён анализ цветовой переменности с использованием наблюдений 2003 года. За этот период времени имеются данные как в оптическом, так и в инфракрасном диапазонах. Выявлены и исследованы сезонные изменения цветов переменных компонентов, возникающих в активном ядре АО 0235+16. Построены относительные распределения энергии, которые оказались степенными.

Связь скейлинговых характеристик магнитосферных УНЧ-излучений с уровнем геомагнитной активности по данным обсерватории Гуам

Яковицкая Ирина Викторовна

Научный руководитель: Смирнова Наталья Алексеевна, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. НИИ физики СПбГУ, доцент физического факультета СПбГУ

В совместных работах японских и российских геофизиков [1, 2] выполнен фрактальный анализ геомагнитных записей обсерватории Гуам (Φ_m=9° N, Λ_m=225°) в диапазоне УНЧ (ультра-низкие частоты, f = 0.002-1 Гц) и исследована динамика скейлинговых характеристик (спектральных экспонент β и фрактальных размерностей D) временных рядов, представляющих Н-компоненту УНЧ излучений в связи с сильным землетрясением (магнитуда М=8), которое произошло вблизи острова Гуам 8 августа 1993. Выявлены определенные тенденции в динамике этих параметров: уменьшение наклона спектра β и увеличение фрактальной размерности D перед землетрясением. Также обнаружено, что на величины β и D влияет уровень геомагнитной активности. Однако количественно эта связь не была исследована, и ее изучение является целью данной работы. Здесь выполнен линейный регрессионный анализ связи β и D с Кр - индексом геомагнитной активности и исследована ее динамика в зависимости от местного времени.

Анализировались цифровые записи (с частотой оцифровки 1Гц) вариаций горизонтальной Н-компоненты (N-S, север-юг) геомагнитного поля, зарегистрированных в обсерватории Гуам с апреля по октябрь 1993 года. Вычислялись значения β в каждом часовом интервале и проводился их корреляционный анализ с соответствующим Кр - индексом геомагнитной активности. Получены следующие результаты:

- корреляция β с Кр положительна во всех часовых интервалах;
- значения коэфициентов корреляции находятся в пределах $0.33 < r < 0.65$;
- коэффициенты корреляции для суточных значений параметров выше, чем для усредненных по 5 дням значений;
- каких-либо регулярных (устойчивых) вариаций коэффициента корреляции r, связанных с изменением местного времени, не наблюдается.

Положительные значения коэфициентов корреляции между β и Кр в течении суток, свидетельствуют об увеличении спектральной экспоненты β (уменьшении фрактальной размерности D) УНЧ - излучений с возрастанием геомагнитной активности. Следовательно ультра-низкочастотные вариации магнитного поля Земли становятся более регулярными с ростом геомагнитной активности. Самая высокая связь между β и Кр наблюдается в 22-23 UT (08-09 LT), и это означает, что утренние часы местного времени являются наиболее подходящими для изучения магнитосферных явлений. Самая слабая связь β с геомагнитной активностью наблюдается в окрестности 10-11 LT (00-01 UT), и, следовательно, это наиболее подходящее время для изучения эффектов, связанных с землетрясениями. Посторены уравнения линейной регрессии, позволяющие оценить наклон спектра УНЧ - излучений по значениям Кр – индекса геомагнитной активности. Дается физическая интерпретация выявленных закономерностей.

Литература.

1. Hayakawa, M., Ito, T., and Smirnova, N. (1999): Fractal analysis of ULF geomagnetic data associated with the Guam earthquake on August 8, 1993, *Geophys. Res. Lett.*, v.26, pp. 2797-2800.
2. Smirnova, N. A, I. Yakovitskaya, M. Hayakawa, and T. Itoh (2005): Fractal Characteristics of the Natural ULF Emissions in Relation to Geomagnetic Activity, in: Proceeding of the VI Int. Conf. on Electromagnetic Compatibility, St. Petersburg, Russia, 21-24 June 2005, pp. 243-247.

Топология гелиосферного токового слоя

Будник Алексей Игоревич

Научный руководитель: доцент кафедры физики Земли физического факультета С.-Петербургского государственного университета Понявин Дмитрий Иванович

Описание топологии гелиосферного токового слоя на базе кинематической модели солнечного ветра. В работе использовалось приближение крупных частиц, без учета действия магнитных полей. Показано изменение топологии при различных ориентациях солнечного магнитного диполя по отношению к оси вращеия Солнца. В данной модели излучение частиц происходит с экватора солнечной поверхности. Построение фигур проводилось при постоянной скорости распространения частиц солнечного ветра в межпланетном пространстве.

Heliospheric Current Sheet Topology

Alexey I. Budnik

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

We want to understand the relationship between the observed features on the Sun and the behavior of the solar wind, the IMF, and the terrestrial response over the 11-year solar activity cycle.
The solar wind is a key link in the chain of space weather extending from the Sun to the Earth and beyond. Understanding it is critical to predicting geomagnetic storms and space radiation hazards.
In this the very first part of the project we tried to give the description of the heliospheric current sheet topology on the basis of the solar wind kinematical model (well known as HAF-model). In our simulations we used the large-scale particles approximation. The magnetic field was not taken into account. The results show the topology modification, when the orientation of the solar magnetic dipole and the solar axis of rotation varies. The solar wind velocity in the interplanetary space was taken as constant.

Р. Стендовые доклады секции

"Оптика и спектроскопия, лазерная физика"

Верхний холл у аудитории им.С.Э.Фриша
2 ноября 2005 года, среда, 14:30

Экспериментальное исследование фотостимулированных процессов с участием метана и аммиака на поверхности $MgAl_2O_4$

Абрамкин Дмитрий Александрович и Зонов Илья Сергеевич
Научные руководители:
Рябчук Владимир Константинович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Целью данной работы был поиск и исследование фотостимулированных реакций с участием метана и аммиака на поверхности сложного дисперсного оксида $MgAl_2O_4$. Твердое тело (или фотокатализатор) было выбрано из числа оксидов легких металлов как некая модель космической пыли (в межзвездной среде, околоземном пространстве или в атмосфере ранней Земли), а CH_4 и NH_3 – как молекулы, которые были необходимы для синтеза сложных молекул на ранних стадиях абиогенеза в природных условиях [1].
В работе были применены методы манометрии и масс-спектрометрии для анализа продуктов реакций. Для идентификации адсорбированных продуктов реакций применялась также методика термопрограммируемой десорбции и метод ИК-спектроскопии (ФТИР). Для контроля за фотостимулированными процессами в приповерхностной области твердого тела использовалась спектроскопия диффузного отражения и люминесцентный метод. Все эксперименты и измерения проводились в условиях высокого вакуума (до 10^{-7} Па) или контролируемой газовой фазы.

Основные результаты, полученные в работе сводятся к следующим
1. Для метана была подтверждена известная ранее реакция образования этана и более сложных соединений, первой стадией которой является диссоциативная адсорбция молекул метана на поверхностных фотоиндуцированных центрах оксидов с захваченной фотодыркой (обозначим этот центр как O^-_s)

$$O^-_s + CH_4 \rightarrow OH^-_s + CH_3 \qquad (1)$$

с образованием поверхностных гидроксильных групп OH^-_s и подвижных метильных радикалом, рекомбинация которых приводит к образованию более сложных соединений, начиная с этана.
2. Впервые для $MgAl_2O_3$ был обнаружен фотолиз адсорбированного NH_3 с выделением молекулярного азота в газовую фазу. При исследовании реакции различными методами был сделан вывод, что первичной стадией фотолиза аммиака является его диссоциация с образованием радикала NH_2

$$NH_3(\text{адс}) + h\,(O^-) \rightarrow OH^-_s + NH_2\,, \qquad (2)$$

где $h\,(O^-)$ – свободная фотодырка
3. При облучении $MgAl_2O_3$ с адсорбированным аммиаком и метаном в газовой фазе методом ИК-спектроскопии была зарегистрирована полоса, соответствующая связи C≡N. Предполагается, что при рекомбинации NH_2 и CH_3 радикалов на поверхности образуется метиламин как промежуточный продукт. Он трансформируется в молекулу содержащую CN группу (вероятно HCN). Такой процесс весьма вероятен на поверхности оксидов металлов, так как потеря атомов водорода при разрыве связей C-H и N-H компенсируется образованием связей O-H и тройной связью C≡N.

Литература
1. A.V.Emeline, V.A.Otroshchenko, V.K.Ryabchuk, N.Serpone. //Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews : 3, 2003, pp 203 –224.

Резонансы формы в спектрах фотоэмисси из молекулярных кластеров SF_6 вблизи S 2p порога ионизации

Брыкалова Ксения Олеговна
Научный руководитель:
Павлычев Андрей Алексеевич, доктор физ.-мат. наук,
профессор СПбГУ

Резонансы формы и многоэлектронные возбуждения определяют спектральную зависимость сечения фотопоглощения и фотоэмиссии из внутренних оболочек молекул, кластеров и твердых тел. Резонанс формы – сложный процесс, который связан с временным захватом фотоэлектрона, образовавшегося в результате ионизации внутренней электронной оболочки, потенциальным барьером конечных размеров и последующим туннелированием фотоэлектрона сквозь этот барьер. В настоящее время резонансы формы детально изучены в спектрах фотоэмиссии из внутренних оболочек простых молекул, таких как N_2, CO, CO_2 и SF_6. Большой интерес представляют исследования явления резонанса формы в ван-дер-ваальсовых системах. Изучение свободных молекулярных кластеров позволяют установить взаимосвязь между молекулярной фотоэмиссией и фотоэмиссией из твердых тел.

Экспериментальные данные указывают на сходство фотопереходов из внутренней оболочки в незанятые состояния свободных молекул и молекулярных кластеров. Однако, детальные исследования резонансов формы в конденсированной фазе отсутствуют. Основное внимание уделено формированию t_{2g} резонанса формы в спектрах фотоэмиссии из S 2p оболочки кластеров SF_6. Резонансы формы в спектрах молекулы SF_6 изучены очень подробно. При энергиях ~ 3 и ~ 18 эВ над порогом ионизации S 2p оболочки наблюдаются два резонанса, которые интерпретируются как резонансы формы, связанные с захватом S 2p фотоэлектрона в квазистационарные t_{2g} и e_g состояния.

В данной работе для описания t_{2g} резонанса формы в кластере используется модель двойного потенциального барьера. Внутренний барьер создается октаэдром атомов фтора, а внешний барьер – всей совокупностью окружающих молекул. Внутренний барьер участвует в захвате фотоэлектрона и предполагается неизменным в свободной молекуле и молекулярном кластере. Внешний барьер служит для описания эффектов рассеяния фотоэлектрона на окружающих молекулах. Для нахождения сечения фотоионизации из внутренней оболочки используется квазиатомная модель [1]. Проведены исследования влияния внешнего барьера на захват фотоэлектрона внутренним барьером и выявлена интересная особенность этого влияния. В результате интерференции фотоэлектронных волн в области, расположенной между барьерами, происходит погашение волны отраженной от внешнего барьера. Как следствие такого экранирования роль внешнего барьера в захвате фотоэлектронов с кинетическими энергиями $3 < E < 9$ эВ оказывается ослабленной почти в 10 раз. Расчеты показывают, что t_{2g} резонанс формы демонстрирует замечательное сходство с молекулярным резонансом. При переходе от свободной молекулы к кластеру наблюдается сдвиг резонанса в сторону меньших кинетических энергий на величину порядка нескольких мэВ.

[1] А.А. Павлычев, Ученые записки СПбГУ №435, сер. физ. наук, вопросы электроники твердого тела, вып. 12, Изд. СПбГУ, 2000, стр. 76.

Анализ кинетики термопрограммируемого адсорбционно-десорбционного процесса

Быков Николай Александрович
Научные руководители:
Михайлов Руслан Вячеславович, м. н. с. НИИФ СПбГУ
Лисаченко Андрей Андреевич, профессор, д. ф.-м. н., зав. сектором НИИФ СПбГУ

Величина энергии адсорбции (Q) является основным параметром при описании механизма адсорбции. Экспериментально её оценивают методом термодесорбционной спектроскопии (ТДС) по величине энергии разрыва связи частицы с поверхностью (E_{des}) при десорбции в вакуум. Однако, для активированной адсорбции $Q = E_{des} - E_{ads}$, где E_{ads} – это энергия активации адсорбции. В докладе сообщается о модификации метода ТДС для определения обоих слагаемых и расчёта истинного значения Q. С этой целью анализируются адсорбционно-десорбционные процессы в потоке газа (а не в вакууме) при линейном охлаждении образца (термопрограммируемая адсорбция (ТПА)) или при линейном нагреве (термопрограммируемая десорбция (ТПД)). Уравнение, описывающее эти процессы на однородной поверхности, имеет вид:

$$dN/dt = \mu (N_0 - N)\exp(-E_{ads}/kT) - \nu N\exp(-E_{des}/kT),$$

где N_0 – число центров адсорбции (по определению N_0 = 1 отн.ед.~ 10^{10} см$^{-2}$), N – число занятых центров (отн.ед.), T – температура образца (K), μ – предэкспоненциальный фактор адсорбции (сек$^{-1}$), пропорциональный давлению газа над образцом и связанный с коэффициентом прилипания, ν – частотный фактор десорбции (сек$^{-1}$), не зависящий от температуры. Уравнение решалось методом Рунге-Кутта четвёртого порядка. Расчёты приведены для адсорбции O_2 на кислородных вакансиях TiO_2. Параметры $\nu = 10^{13}$сек$^{-1}$ и E_{des}=1,2 эВ определены из ТД спектров. Для различных значений E_{ads} (0,01…1 эВ) и μ (1…100 сек$^{-1}$, что соответствует потоку газа ~10^{12}…10^{14} молек./сек) расчёты показали: 1) спектры ТПА и ТПД имеют форму пиков, уширенных по сравнению с ТД спектрами (рис.1); 2) с увеличением E_{ads} температура максимумов спектров ТПА и ТПД понижается (рис.2). Это даёт возможность предложить следующую схему эксперимента: ТДС → ТПА → ТПД в таких температурных пределах, чтобы в них попадали максимумы пиков. Обработка спектров, получаемых в таком эксперименте (рис.1), позволяет вычислить E_{ads} с точностью 10–15 %.

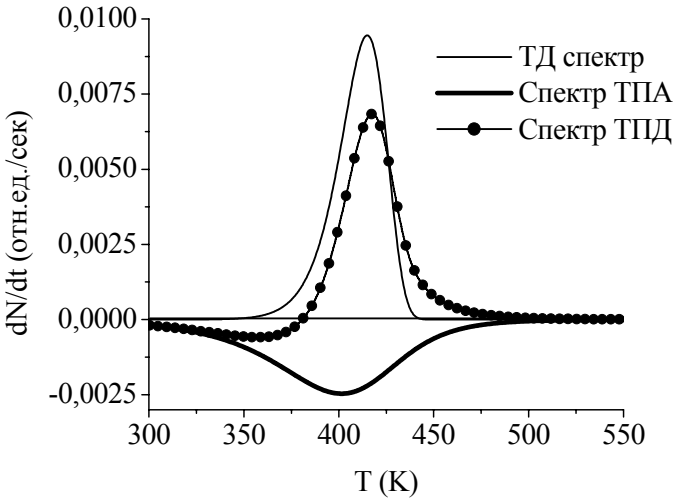


Рис.1 Расчётные спектры ТПД и ТПА при μ = 10 сек$^{-1}$, E_{ads} = 0,25 эВ

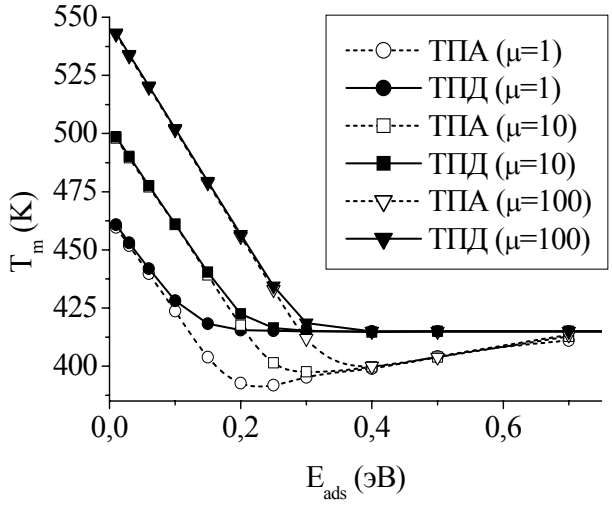


Рис.2 Зависимость температуры максимума пика от E_{ads}

УДК 539.194

Форма ИК полос OCS в газовых смесях при высоких давлениях

Геннадьев Николай Александрович
Научный руководитель:
Тонков Михаил Васильевич, доктор физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Работа посвящена исследованию формы полос в спектрах инфракрасного (ИК) поглощения газов при высоких давлениях. Известно, что при повышении давления спектральные полосы не могут быть представлены как сумма отдельных колебательно-вращательных линий, однако до конца теория этого вопроса не разработана. По этой причине экспериментальные исследования конкретных систем представляются актуальными.

В работе получены спектры ИК поглощения газовых смесей сероокиси углерода (OCS) с гелием, аргоном и криптоном при давлениях от 25 до 300 атм. в спектральной области 400 – 4500 см$^{-1}$ с разрешением 0,6 см$^{-1}$. Для регистрации спектров использован Фурье-спектрометр Брукер IFS-28 газовые кюветы высокого давления. При сравнении зарегистрированных спектров с рассчитанными как сумма линий лоренцевской формы обнаружены существенные расхождения, связанные нами с проявлением эффекта интерференции линий.

Для учета этого эффекта проведены расчеты с использованием модели «Лента», в которой матрица вращательной релаксации, описывающая эффект, составлена как линейная комбинация матрицы сильных столкновений и матрицы слабых столкновений с одним эмпирическим параметром [1]. Оказалось, что модель «Лента» гораздо лучше описывает контур, чем сумма линий лоренцевской формы. Она хорошо описывала контуры полос для всех смесей при давлениях до 50 атм. Так же хорошо описывается конур при 100 атм. для смесей с He и Ar. Однако при этом давление для смеси с Kr начинаются значительные расхождения, а при более высоких давлениях они возрастает еще больше.

Наилучшее описание контуров выбиралось с помощью варьирования параметра метода. Выяснилось, что его величина зависит не только от буферного газа смеси, но и от давления. Следовательно, предположение о постоянстве этого параметра неверно, что противоречит физическим предпосылкам метода.

Данные исследования показывают недостатки методов описания контуров полос существующими моделями, что заставляет предпринять дальнейшее развитие теоретических представлений.

1. A.V. Domanskaya, N.N. Filippov, N.M. Grigorovich, and M.V. Tonkov, Modeling of the rotational relaxation matrix in line-mixing effect calculations, Molecular Physics, 2004, v.102, #16-17, p. 1843-1850.

УДК 621.373:535

Расчет пороговых характеристик ВРМБ-зеркал с различными типами обратной связи в импульсном режиме

Н.В.Грушина
Физический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

Научный руководитель – О.М. Вохник, канд.физ-мат.наук, ст.науч.сотр., физический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова

Повышение качества излучения и улучшение энергетических характеристик твердотельных лазеров актуально в свете их разнообразных применений в науке, технике, медицине. Одним из способов одновременного решения обеих проблем является применение в качестве зеркала лазерного резонатора нелинейно-оптического устройства, использующего обратное вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ). Возбуждение лазерным импульсом обратного ВРМБ увеличивает добротность лазерного резонатора в процессе генерации, что приводит к росту выходной энергии импульса и более эффективному использованию инверсной населенности. Вследствие обращения волнового фронта при обратном вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна, отраженное от ВРМБ-зеркала излучение сохраняет исходное пространственное распределение, что при высоком качестве затравочного пучка обеспечивает генерацию мощных импульсов дифракционного качества.

Для повышения эффективности ВРМБ-зеркала, возбуждаемого в ходе генерации твердотельного лазера, очень перспективно применение схем с оптической обратной связью, которые в значительной степени снижают порог возбуждения вынужденного рассеяния[1-3]. В данной работе выполнен численный расчет пороговых характеристик ВРМБ-зеркал с различными типами обратной связи в импульсном режиме. Рассмотрены петлевая схема с самопересекающимся пучком накачки[1], кольцевая схема[2] и схема с двойной петлей обратной связи [3].

В предположении гауссовой временной формы лазерного импульса рассчитаны момент $t_{пор}$ достижения порогового значения инкремента усиления ВРМБ и параметр $P_{пор} / P_{макс}$, от которого зависит эффективность подключения ВРМБ-зеркала к лазерной генерации. Он представляет собой отношение мощности $P_{пор}$ в момент $t_{пор}$ к мощности импульса в максимуме $P_{макс}$. Исследованы зависимости этих величин от лазерной мощности, уровня потерь при обходе схем, степени обратной связи (кольцевая схема), коэффициента отражения возвращающего зеркала (двойная петлевая схема).

Полученные пороговые характеристики схем обратной связи позволяют прогнозировать эффективность подключения ВРМБ-зеркала к резонатору твердотельного лазера в условиях конкретной задачи. Установлено, в частности, что величина $P_{пор} / P_{макс}$ немонотонно зависит от уровня потерь вследствие перемещения момента времени $t_{пор}$ с заднего фронта лазерного импульса на его возрастающую часть

Показано, что при прочих равных условиях петлевые схемы обеспечивают более существенное снижение пороговой мощности, чем кольцевая, что объясняется дополнительным вкладом в инкремент усиление стоксовой компоненты ВРМБ, возникающим при параметрическом взаимодействии лазерной и рассеянной волн в петлевых схемах.

1.В.И.Одинцов, Л.Ф.Рогачева. Письма в ЖЭТФ, т.36, № 8, стр.281-284, 1982.
2.G.K.N.Wong, M.J.Damzen. IEEE Journal of Quantum Electronic, v.26, № 1, p.p.139-148, 1990.
3.Д.А.Николаев, В.И.Одинцов. Квантовая электроника, т.16, № 9, стр.1878-1881,1989.

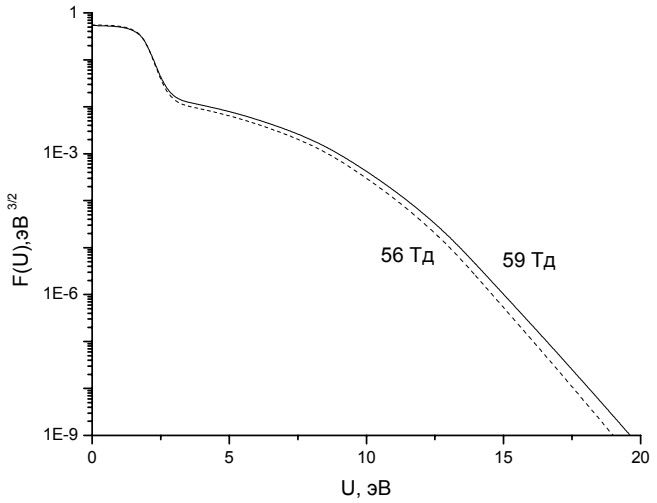
Электрокинетические параметры плазмы разряда в смеси воздух-метан

Джалалова Ирина Александровна

Научный руководитель: Ионих Юрий Зиновьевич, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ.

Работа посвящена моделированию плазмы тлеющего импульсно-периодического разряда в смеси воздух – CH_4 в пропорции 4:1 при давлении 3 Торр и токе в импульсе от 10 мА до 80 мА. Диаметр разрядной трубки – 1.6 см. Исследование разряда в воздухе, смешанном с углеводородами, представляет большой практический интерес с точки зрения разработки плазменных методов очистки промышленных выбросов. Конкретная задача состояла в нахождении электронных параметров плазмы.

Приведенная напряженность электрического поля в положительном столбе разряда была найдена исходя из рассмотрения ионизационного баланса. В рассматриваемых условиях образование заряженных частиц происходит в основном в результате прямой ионизации, а гибель – в результате амбиполярной диффузии (рекомбинационными потерями, как следовало из оценок, можно было пренебречь). Учитывалась ионизация молекул CH_4 и O_2. Ионизация молекул N_2 не учитывалась, т.к. константа скорости ионизации ее была мала по сравнению с константами скоростей ионизации молекул CH_4, O_2. Константы скорости ионизации находились при помощи программы расчета функции распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ), которая была разработана в ТРИНИТИ. Далее рассчитывалась средняя концентрация электронов по сечению в зависимости от тока в импульсе. Скорость дрейфа электронов также бралась из расчета.



Полученное значение E/N оказалось равным 59 Тд (в предположении, что газовая температура равна 300 К) и 56 Тд (при $T_{газ}$ = 500 К). Найденный в результате расчета вид ФРЭЭ показан на рисунке. Электронная концентрация в рассматриваемом диапазоне условий составляет от $7.5\cdot10^9$ до $3\cdot10^{10}$ см$^{-3}$.

‘‘Bucky ferrocenes”: DFT study of structural, electronic and optical properties.

Ivanova Yana Vladimirovna

Faculty of Physics, Photonics Department, St. Petersburg State University, 198904 St. Petersburg, Russia

Scientific supervisor: Chizhov Yuri Vladimirovich,
Ph.D.,, Associate Professor, Faculty of Physics, St. Petersburg State University

Historical background: historically, metallocenes have played an important role in the development of organometallic chemistry. Countless derivatives from elements across the periodic table exist today. Another historically important development in chemistry has been the discovery of fullerenes, the third allotrope of carbon besides graphite and diamond. Conceptually, an idea to combine chemically metallocenes and fullerenes in one pi-complex, aiming to exploit the advantageous properties of the combination of these two important classes of molecules, was very beautiful and challenging one.

Recently E. Nakamura and M.Sawamura reported the synthesis of the first ‘‘sandwich’’ hybrid complex of ferrocene and fullerene (h^5-Me_5C_{60})Fe(h^5-C_5H_5), nicknamed ‘‘bucky ferrocene” [1]. This first fulleroferrocene has opened exciting new possibilities in pure and applied organometallic chemistry and has been an “American Chemical Society Highlight of the Year 2002 in Fullerene Chemistry”, due to the obvious anticipated uses as a building block for nanostructures containing electroactive fullerene and ferrocene moieties.

In order to characterize the main structural and electronic properties three different hybrid complexes of formula (h^5-H_5C_{60})Fe(h^5-C_5H_5) , (h^5-Me_5C_{60})Fe(h^5-C_5H_5) , where Me=CH_3, and (h^5-H_5C_{60})$_2$Fe have been studied by DFT calculations. All calculations were performed at the B3LYP/6-31g(d) level with full geometry optimization for staggered conformations. The calculations reproduce the experimental X-ray structural data of (h^5-Me_5C_{60})Fe(h^5-C_5H_5) as well as C^{13}NMR spectra [1] with high accuracy. Structurally, the coordination of transition metals enforces a break in symmetry with regard to the spherical shape of C_{60}, leading to considerable steric stress at the carbon atoms in the vicinity of the metal. It results in strong C-C bond lengths alternation from h^5-coordinated pentagon (cap position) to opposite uncoordinated pentagon (bottom position) and in C_5-symmetry atomic charge distributions. The predicted C(1s) photoelectron spectra show that ESCA spectra can be very informative.

The UV-VIS-spectral properties predicted by TDDFT at LSDA/LANL2DZ level will be reported and discussed.

All calculations were performed with the Gaussian 03 suite of programs [2] at Petrodvoretz Telecommunication Center at Sankt-Petersburg State University.

[1] M. Sawamura, Y. Kuninobu, M. Toganoh, Y. Matsuo, M. Yamanaka, and E. Nakamura, Hybrid of Ferrocene and Fullerene, J. Am. Chem. Soc., 124, 9354 (2002)

[2] M. J. Frisch G. W. Trucks, H. B. Schlegel, P. M. W. Gill, B. G. Johnson, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, T. Keith, G. A. Petersson, J. A. Montgomery, K. Raghavachari, M. A. Al-Laham, V. G. Zakrzewski, J. V. Ortiz, J. B. Foresman, J. Cioslowski, B. B. Stefanov, A. Nanayakkara, M. Challacombe, C. Y. Peng, P. Y. Ayala, W. Chen, M. W. Wong, J. L. Andres, E. S. Replogle, R. Gomperts, R. L. Martin, D. J. Fox, J. S. Binkley, D. J. Defrees, J. Baker, J. P. Stewart, M. Head-Gordon, C. Gonzalez, and J. A. Pople, Gaussian 03, Gaussian, Inc., Pittsburgh PA, 2003.

Interference of ultrashort pulses.

Wang Jue
Scientific supervisor:
Tolmachev Yurii Alexandrovich, professor, Faculty of Physics, SPSU

Femtosecond pulses being one of the most interesting objects of modern physics need in special instruments and methods for their study. Progress in those pulses application in information transfer and processing urgently demand for methods of time analysis of the electric field internal structure $E(t)$. One of methods of this problem solution is named FROG (Frequency Resolved Optical Gating) [1]. This process assumes using of transparent non-linear medium and is based on two-waves nonlinear interference of beams of light to strobe out a part of one pulse with another one that is shifted in time. Afterwards, the scattered light is analyzed with classical spectrometer adopted for stationary wave processes and the dependence of averaged spectral density of scattered light on the delay time is studied. The authors claim that the unique extraction of the $E(t)$ function from the data obtained in such an experiment is possible.

Our study of the interference process of two ultrashort pulses containing several oscillation of the electromagnetic field show some very specific features of this process:

- the spatial pattern formed by two pulses is non-stationary, in principle; no stationary conception may be applied for its description and analysis;
- the set of maxima and minima of the pattern is independent on the time shift and holds its shape within the nonlinear medium;
- the set of maxima and minima of the pattern moves along and parallel to the bisector of the angle between the axes of two beams;
- the interference pattern moves as a whole at the velocity exceeding the velocity of light;
- both linear and non-linear scattering generate the emission in the direction of the initially propagated beams of light.

The formulated set of statements is valid both for linear and non-linear interaction of light with matter inside the transparent medium.

One can see that there is no gating processes that were supposed in [1]. Instead of it one observe a group of the electric field extremes that propagates at the velocity $v = c/n\cos\alpha > c/n$ in the medium that responds to the field both linearly or non-linearly. The perturbation of the refractive index of the medium induces electromagnetic field that is known as the Cherenkov emission. This field one detects as the self-diffracted field. The hypothesis of Cherenkov emission as the only source of scattered field permits to explain qualitatively the variation of spectrum measured in the experiment with 4.5 fs pulse of light at the medium wavelength 800 nm [2].

References:

1. Trebino R., Kane D. J., *J.Opt. Soc. Amer.*, 1993, Vol. A10, p. 1101-1111.
2. Baltuska A., Pshenichnikov M.S. and Weirsma D.A., *J. Quant. Electron.*, 1999, V. 35, p. 459-478 .

Эффективный коэффициент вторичной эмиссии на катоде тлеющего разряда

Кашкаров Максим Александрович

Научный руководитель:

Кудрявцев Анатолий Анатольевич, канд. физ.-мат. наук,

доцент физического факультета СПбГУ

В качестве граничного условия на эмиттирующем электроде (катоде) тлеющего разряда обычно используется эффективный (т.е. учитывающий вклад различных процессов) коэффициент вторичной эмиссии электронов [1]. При его определении необходимо также принимать во внимание обратное рассеяние (back-scattering) электронов назад на катод.

В данной работе представлена кинетическая модель, позволяющая получить зависимость эффективного коэффициента вторичной электронной эмиссии от приведённого поля и характеристик газа, учитывающая влияние обратного рассеяния электронов на частицах газа. Рассматривается случай, при которых допустимо двучленное разложение для нелокальной функции распределения электронов по энергиям, а баланс их энергии определялся неупругими соударениями. Кинетическое описание проводится и использованием в качестве аргумента для функции распределения не кинетической, а полной энергии электрона. Приведены результаты расчётов ESEC (Effective Secondary Emission Coefficient) по данной модели и сопоставления с литературными данными.

По сравнению с известными ранее, представленная модель имеет некоторые преимущества. Например, в [2] учет электронов в неупругой области, который является превышением точности, привел к необозримости конечных выражений, неоправданной сложности и затушевыванию физического смысла. В данной модели дан более простой и прозрачный вывод, также основанный на развитом в [1] подходе.

Таким образом, построена физически прозрачная модель, позволяющая количественно рассчитать эффективный коэффициент эмиссии элекронов на катоде тлеющего разряда. При этом величина ESEC главным образом определяется начальной энергией эмиттируемых электронов и амплитудой приложенного поля.

1. Ю.Б.Голубовский, А.А.Кудрявцев, В.О.Некучаев, И.А.Порохова, Л.Д.Цендин. Кинетика электронов в неравновесной газоразрядной плазме. Учеб. пособие. СПб:Издательство С.Петербургского университета, 2004.

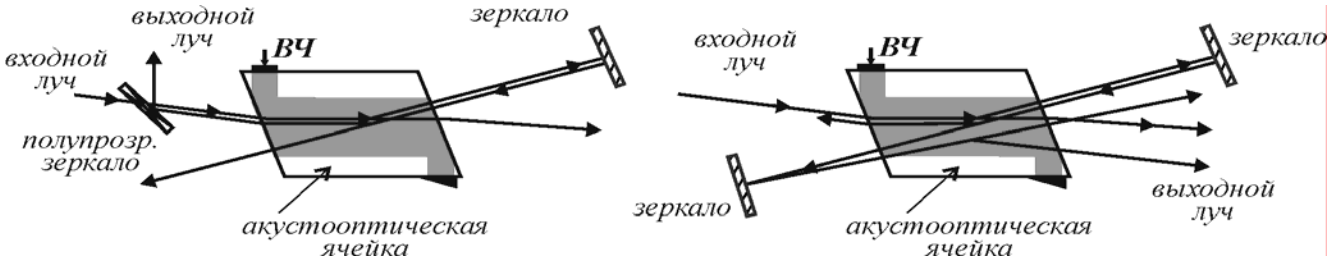
2. V P Nagorny and P J Drallos. Effective secondary emission coefficient in a high-pressure noble gas. Plasma Dynamics Corporation, 417 E 8 Mile Road, Hazel Park, MI 48030, USA. 1997

Акустооптические системы фильтрации с улучшенным спектральным разрешением

Князев Григорий Алексеевич
Научный руководитель:
Волошинов Виталий Борисович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Доклад посвящен исследованию схем фильтрации, позволяющих повысить спектральное разрешение акустооптических приборов. Как известно, наибольшим спектральным разрешением обладают акустооптические устройства, использующие квазиколлинеарную геометрию взаимодействия. На сегодняшний день существуют фильтры с полосой пропускания до одного ангстрема на длине волны света $\lambda = 633$ нм. Тем не менее, применение акустооптических фильтров для управления сигналами в оптико-волоконных линиях связи со спектральным уплотнением каналов требует более узкой полосы пропускания, а также подавления боковых лепестков передаточной функции фильтра.

В докладе представлены результаты исследования методов сужения полосы пропускания перестраиваемых акустооптических фильтров, основанных на многократном прохождении света через кристалл. Исследования проведены на примере квазиколлинеарных, а также широкоугольных акустооптических фильтров. Рассмотрены различные конфигурации акустооптических систем фильтрации с многократным прохождением света через кристалл, позволяющие уменьшить полосу пропускания фильтра. По сравнению с уже известными способами повышения разрешения акустооптических фильтров, применение многопроходных систем оказывается более предпочтительным. Это связано с тем, что при использовании только одной акустооптической ячейки удается обеспечить улучшение спектрального разрешения. В докладе рассматриваются как достоинства, так и недостатки многопроходных систем фильтрации.



На рисунке показаны примеры систем фильтрации с многократным прохождением света через звуковой луч. На левом рисунке приведена схема двухпроходного фильтра. Свет, продифрагировавший за первый проход, направляется в ячейку в обратном направлении при помощи зеркала. Улучшение спектрального разрешения фильтра достигается за счет двукратного взаимодействия света и звука. Данная схема фильтрации отличается чрезвычайной простотой конструкции. А также она позволяет понизить уровень боковых лепестков передаточной функции фильтра. На правом рисунке показана схема с трехкратным взаимодействием света и звука. Отличительной особенностью этой схемы является то, что свет во второй и третий раз взаимодействует со звуком при нарушении условия синхронизма. В результате несинхронного трехкратного взаимодействия удается получить двукратное увеличение спектрального разрешения. Следует отметить, что все результаты проведенных расчетов проверены экспериментально на длине волны света $\lambda = 633$ нм.

Литература:

1. Волошинов В.Б., Магдич Л.Н., Князев Г.А., *Вестник Московского университета, “Физика, Астрономия”*, 4 (2005).
2. Пожар В.Э., Пустовойт В.И. *Квантовая электроника*, 12, 2180 (1985).
3. Захаров В.Г., Парыгин В.Н., *Радиотехника и электроника*, 35, в. 1, 175 (1990)

Квантово-химические расчеты оптических спектров поглощения линейных полиеновых цепей методом TDDFT

Кузянова Екатерина Викторовна

Научный руководитель:
Чижов Юрий Владимирович, доцент физического факультета СПбГУ

Учет электронной корреляции в рамках метода Кона-Шема (КШ) оказался очень эффективным и сделал расчетные методы теории функционала электронной плотности наиболее востребованными для оценки свойств многоатомных молекул. При решении одноэлектронных уравнений КШ с использованием модельных обменно-корреляционных потенциалов получают энергии КШ, физический смысл которых не совсем ясен. В последнее время, однако, путем численных расчетов сложных металлоорганических соединений было показано, что энергии КШ являются хорошим приближением к первым и более высоким экспериментальным потенциалам ионизации [1]. В этой связи было интересно исследовать, можно ли достаточно хорошо оценить энергии оптических переходов в молекулярных системах как разность энергий КШ вакантных и занятых молекулярных орбиталей ($\Delta E_{КШ}$) по сравнению с энергиями переходов E_{TDDFT}, полученными методом нестационарной теории функционала плотности (TDDFT) .

В качестве объектов исследования были выбраны полиеновые цепи, которые представляют собой линейные соединения, состоящие из атомов углерода, соединенных между собой поочередно двойными и одинарными связями со структурной формулой H-[CH=CH]$_n$-H. В работе изучался ряд полиенов от самого простого – этилена с одной двойной связью между атомами углерода до соединения с 10 двойными связями, спектры поглощения которых известны [2]. Выбор таких соединений диктовался интересом к линейным углеродным и углеводородным молекулам – как возможным кандидатам на роль «молекулярных проволок» в будущих нанопроцессорах. Кроме этого были рассчитаны еще пять соединений с заместителями в виде фенильных колец: 1,2-дифенилацетилен, 1,4-дифенилбутадиин, стильбен, 1,4-дифенилбутадиен, 1,6-дифенилгексатриен с целью расширить класс исследуемых объектов.

Расчеты электронной структуры исследуемых соединений проводились методом TDDFT с гибридным обменно-корреляционным функционалом B3LYP в базисе 6-31G** с помощью пакета квантово-химических программ Gaussian'03 [3]. Все геометрии исследуемых молекул были предварительно полностью оптимизированы.

Оказалось, что для первой $\pi \rightarrow \pi^*$ полосы поглощения существуют близкие по параметрам линейные соотношения (эВ): $E_{TDDFT} = -1{,}05 + 1{,}24 * E_{exp}$ (R = 0,990) и $\Delta E_{КШ} = -0{,}98 + 1.18 * E_{exp}$ (R = 0,995). Как показал детальный анализ экспериментальные энергии переходов E_{exp} с точностью до 0.25 эВ описываются более простой зависимостью $E_{exp} = \Delta E_{КШ} + 0{,}33$ (эВ).

Аналогичные закономерности найдены для второго перехода, имеющего существенно многоконфигурационную природу.

На основании полученных результатов можно утверждать, что по крайней мере для π-электронных органических молекул энергии первых переходов можно оценивать с хорошей точностью как разность энергий КШ вакантных и занятых молекулярных орбиталей с небольшой постоянной поправкой.

[1] И.В. Крауклис, Ю.В.Чижов, Оптика и спектроскопия, т. 96 (2004) 47
[2] J. Catalan and J. L. G. de Paz, J. Chem. Phys., Vol. 120, N. 4, (2004), p. 1864-1871.
[3] M. J. Frisch at al., Gaussian 03, Gaussian, Inc., Pittsburgh PA, 2003

УДК 535.399

Исследование спектроскопических параметров халькогенидных стёкол системы Ga-Ge-S:Nd^{3+}

Луковкина Дарья Дмитриевна

Научный руководитель: Маньшина Алина Анвяровна, канд. физ.-мат. наук, НИИ лазерных исследований СПбГУ

Халькогенидные стёкла считаются перспективными оптическими материалами, на базе которых могут быть созданы волокна, волоконно-оптические усилители, активные устройства интегральной оптики. Благодаря высокому значению показателя преломления, на основе ХГС могут быть изготовлены линзы с малой толщиной и кривизной поверхности. Кроме того, относительная лёгкость изготовления халькогенидных стёкол и их хорошие оптические свойства (прозрачность в видимой и ИК диапазонах, высокий показатель преломления, низкая энергия фононов) сделали ХГС привлекательной основой для легирования редкоземельными элементами.

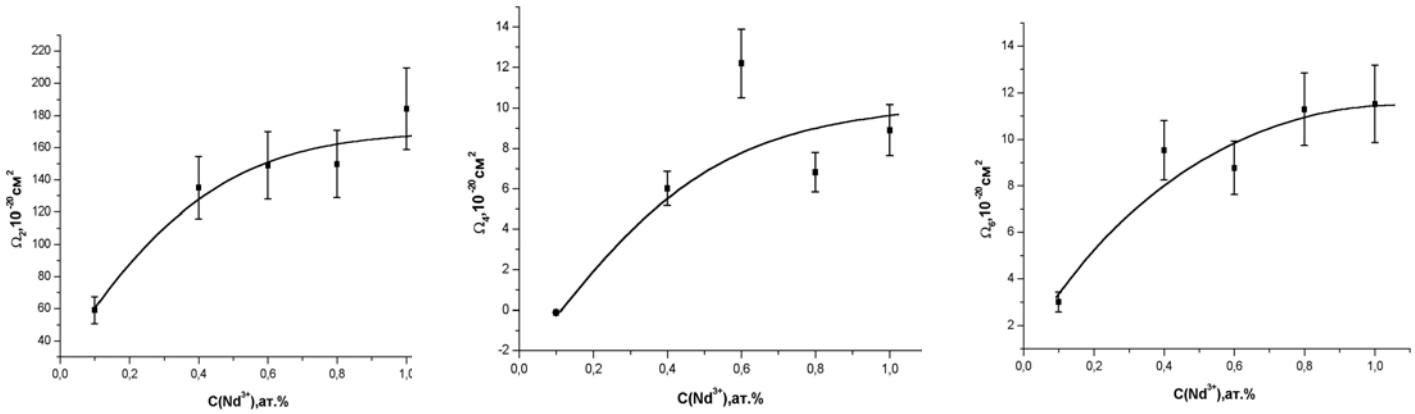
Предметом исследования являлись халькогенидные стёкла системы Ga-Ge-S, активированные ионами Nd^{3+}. Цель работы заключалась в исследовании спектроскопических параметров иона Nd^{3+} в ХГС системы Ga-Ge-S.

В ходе работы были получены спектры поглощения стёкол системы Ga-Ge-S:Nd^{3+} с концентрацией Nd^{3+} от 0,1 до 1,0 ат.%. На основе полученных результатов:

- Исследована зависимость положения края оптического поглощения от концентрации Nd^{3+}.
- Рассчитаны силы осцилляторов переходов Nd^{3+} для исследуемой системы стёкол.
- Исследована зависимость сил осцилляторов от концентрации Nd^{3+}.
- Рассчитаны параметры Джадда-Офельта (Ω_t) для исследуемой системы стёкол.
- Изучены зависимость Ω_t от концентрации Nd^{3+}.

Результаты проведённых исследований показали, что увеличение концентрации Nd^{3+} (от 0,1 до 1,0 ат.%) приводит к увеличению параметров Ω_t (t=2,4,6).

На основе зависимости параметров Джадда-Офельта от концентрации Nd^{3+} проанализированы структурные особенности исследуемой системы стёкол Ga-Ge-S: Nd^{3+}.



а) б) в)

Зависимость Ω_t от концентрации Nd^{3+} в системе стёкол Ga-Ge-S:Nd^{3+}: Ω_2- (а), Ω_4-(б), Ω_6-(в).

УДК 530.182

Механизмы генерации второй гармоники в кристаллах с регулярной доменной структурой

Павлова Марина Владимировна
Научные руководители:
Курочкин Алексей Викторович, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ
Деткова Вера Михайловна, аспирантка физического факультета СПбГУ

Разработка и создание новых лазерных материалов позволила эффективно генерировать излучение с новыми длинами волн. Частным случаем является генерация второй гармоники (ГВГ), т.е. когда частота выходной волны из среды в 2 раза больше частоты входной волны. По мере проникновения в кристалл волны удвоенной частоты, родившиеся в разных точках среды, усиливают друг друга, и энергия волны основной частоты постепенно перекачивается в энергию волны удвоенной частоты, амплитуда которой растёт. Максимум амплитуды достигается на некоторой длине, называемой длиной когерентности.

ГВГ происходит в средах, не обладающих центром инверсии, и требует выполнения ряда условий, в частности условия фазового синхронизма (ФС).

В нелинейной среде всегда имеет место дисперсия, которая нарушает выполнение условие фазового синхронизма. Это затруднение позволяет разрешить естественный синхронизм. Он основан на двойном лучепреломлении при взаимодействии волн с различной поляризацией, которое компенсирует нормальную дисперсию вещества. Согласование при этом происходит в определенном направлении и при определенной температуре, т.е. характеризуется углам между этим направлением и оптической осью кристалла, который называется углом синхронизма и температурой синхронизма.

В 1962 году Бломберген предложил несколько методов достижения ФС [1]. В одном из них синхронизм осуществлялся за счёт использования стопы пластинок из нелинейно-оптического материала, направление оптической оси которых (от пластины к пластине) меняет свой знак. Толщина каждой пластины должна быть равна когерентной длине при ГВГ, на которой амплитуда второй гармоник не убывает. Это квазисинхронное взаимодействие, т.к. согласование фаз происходит скачками. В дальнейшем эта идея была существенно дополнена и развита, что привело к разработке современной технологии создания высокоэффективных кристаллов с регулярной доменной структурой.

В качестве периодической структуры часто используется доменная структура в сегнетоэлектриках [2]. Её можно создать периодическим вводом примесей по мере роста кристалла или подачей напряжения на периодически расположенные электроды. Для реализации условия квазисинхронизма важно, чтобы длина каждого домена была равна чётному числу длин когерентности. Среди кристаллов, в которых возможно получение регулярной доменной структуры, самым известным и исследуемым является ниобат лития, который хорош тем, что есть возможность получения достаточно крупных экземпляров с хорошей оптической однородностью. Использование ниобата с РДС даст практическую возможность получить эффективное преобразования излучения лазеров в область минимальных потерь (а так же нулевой дисперсии в ряде оптических волокон) вблизи длины волны излучения 1,5 мкм, широко используемую на практике для волоконных коммуникационных систем.

Список литературы:

1. Дмитриев В.Г. Тарасов Л.В. Прикладная нелинейная оптика М.: Физматлит 2004. 512с.
2. Ценнике Ф., Медвинтер Дж. Прикладная нелинейная оптика М.: Мир. 1976. 261с.

Анализ спектров комбинационного рассеяния в плёнках аморфно-кристаллического кремния методом квантового конфаймента фононов

Полякова Елена Игоревна
Научный руководитель:
Жувикин Георгий Викторович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета СПбГУ

Плёнки аморфно-кристаллического кремния являются объектом интенсивного изучения в последние 10-15 лет. Они используются в элементах солнечных батарей, матрицах тонкоплёночных транзисторов, элементах матричных фотоприёмников и др. Экспериментально показано, что важнейшие физические свойства таких плёнок существенно определяются особенностями их микро- и наноструктурной морфологии.

Целью данной работы являлось определение наноструктурных параметров гидрированных плёнок кремния на основе экспериментальных спектров уширения линий комбинационного рассеяния, полученных в университете Теннесси (UTC, Chattanooga , США) и университете Торонто (Канада)[1], рис.1. Плёнки получались методом газофазного осаждения. Рабочим газом являлась смесь силана и водорода.

В данной работе использовался метод расчета спектров уширения, основанный на теории сильной пространственной локализации (квантового конфайнмента) фононов [2]. Эта модель связывает контур линии комбинационного рассеяния с фононно-дисперсионной кривой, для которой в данной работе использовалась квадратичная аппроксимация. В рамках данной модели получено простое аналитическое выражение для формы профиля уширенной линии комбинационного рассеяния для фононно-дисперсионной кривой любого вида. В случае квадратичной аппроксимации контур имеет вид:

$F(\omega) = Sqr(\omega_o - \omega) \exp[-L^2(\omega_o - \omega)/4u]$ при $\omega_o > \omega$, и $F(\omega) = 0$ при $\omega_o < \omega$.

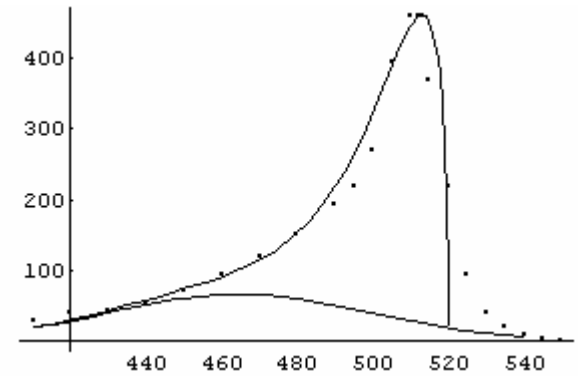


Рис.1. Аппроксимация экспериментального контура расчетной кривой. Широкий контур - вклад аморфной фазы. Точки соответствуют экспериментальным данным.

В работе дана интерпретация результатов измерений, полученных в [1], и определён характерный размер нанокластеров в плёнках кремния. Этот метод даёт также возможность оценивать доли аморфной и нанокристаллической фаз.

Работа поддержана грантом международного сотрудничества COBASE UTC – SPbSU, 2003-2005.

ЛИТЕРАТУРА

[1] T. Allen, I. Milostnaya, D. Yeghikyan, F. Gaspari, N.P.Kherani, T.Koteski, S.Zukotynski, *“Amorphous-Microcrystalline Silicon Films Obtained Using Hydrogen Dilution in a DC Saddle-Field Glow-Discharge”*.

[2] E.A. Rogacheva, “Influence of nanoscale regions on Raman spectra of complex perovskites”, July 10, 2004

Экспериментальное исследование дифракции широкополосного излучения на щели

Сердобинцева Анастасия Павловна
Научный руководитель:
Толмачев Юрий Александрович, докт. физ.-мат. наук,
профессор физического факультета СПбГУ

Плоская или сферическая дельтаобразная волна – новый идеальный объект классической оптики. До этого все теоретические модели основывались на таких объектах как монохроматический точечный источник света, плоская или сферическая монохроматическая волна. Однако при рассмотрении и анализе импульсов светового диапазона, состоящих из одного-двух колебаний поля, классические модели становятся неудобными, так как с столь коротким импульсам не применимы понятия частоты и фазы колебаний. Исследование посвящено сравнению плоской и сферической дельта-волны с традиционными объектами, моделирующими излучение, поиску достоинств новой теории перед классической. Эксперимент, проведенный в ходе этой работы, и аналогичные экперименты, проведенные ранее, являются подтверждением наглядности и естественности новой теории, чего нельзя сказать о традиционном подходе.

На основе работ других авторов проведен анализ отклика щели на излучение со сложным спектральным составом. Проведена неочевидная аналогия с рассеянием света на тонких пленках. Показано совпадение формы отклика щели и тонкой прозрачной пленки. В обоих случаях, поле отраженной от пленки волны представляет собой сумму отрицательного и положительного дельта-импульса.

В ходе экспериментальной работы собрана и налажена установка со скрещенной дисперсией для наблюдения дифракции в разных длинах волн. В результате прохождения через систему свет от источника широкополосного излучения раскладывается в спектр. Этот результат исключительно нагляден. На полученном изображении видна структура канавчатого спектра. Легко анализируется спектральный состав излучения в любой точке дифракционной картины, образующейся за щелью.

Получено две серии фотографий: для источника широкополосного излучения и для ртутной лампы при различной ширине щели. Изображения представляют собой пространственное распределение интенсивности излучения, разложенное на монохроматические составляющие. Для проверки согласованности с теорией получена аналогичная картина, построенная из теоретических соображений. Произведена обработка и анализ изображений. Рассмотрено горизонтальное сечение полученных изображений. Построен график зависимости интенсивности излучения от координаты смещения в плоскости дифракционной картины, что соответствует изменению угла наблюдения, при определенной длине волны. Также в работе приводится теоретическая кривая, соответствующая этому графику. Поскольку имеется серия изображений, полученных при различной ширине щели, становится возможным анализ изменения дифракционной картины. Получены графики зависимости координаты положения первого, второго и третьего минимума от ширины щели при трех значениях длины волны: 436 нм (синяя линия), 546 нм (зеленая), 578 нм (желтая). Наблюдаемые расхождения экспериментальных и теоретических кривых имеют незначительную величину и поддаются элементарному объяснению. В целом можно констатировать хорошее совпадение результатов эксперимента с предсказаниями теории как качественно, так и количественно.

Работа интерферометра Фабри-Перо в импульсном режиме

Сидорова Лариса Владимировна

Научный руководитель: Толмачев Юрий Александрович, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В настоящее время появились новые технологии проведения исследования динамики формирования спектров с помощью классических спектральных приборов. В частности, удается развернуть во времени процесс формирования системы полос интерферометра Фабри-Перо с разрешением 40-70 пс [1]. Такая система была использована при изучении кинетики нелинейных процессов вынужденного стоксового рассеяния. Вместе с тем, при анализе данных, приведенных в работе [1], оказалось, что для результатов проведенного эксперимента не выполняется одно из фундаментальных соотношений — соотношение неопределенности. В применении к классической системе оно требует, чтобы произведение длительности исследуемого сигнала Δt на ширину его спектра Δf имело величину порядка единицы $\Delta f \cdot \Delta t \sim 1$. Экспериментальная установка, описанная в работе [1], имела уникальные параметры, но оценка совокупности этих параметров показала, что для нее $\Delta f \cdot \Delta t >> 1$. Это означает, что при заданной разрешающей способности по времени, в принципе, не может быть достигнута заявленная разрешающая способность по частоте.

С использованием представлений о дифракции и интерференции волн, имеющих δ-образную во времени форму нами создана модель взаимодействия предельно-короткого импульса с интерферометром, учитывающая особенности реальных сигналов конечной длительности. Рассчитан импульсный отклик интерферометра и изучено распространение импульсного сигнала в оптической системе. Показано, что при указанных в работе [1] условиях, в интерферометре образуется система последовательных *не перекрывающихся в пространстве и времени* отражений импульса. Следовательно, интерференция волн в ней вообще отсутствует, и оптическая система позволяет наблюдать лишь повторение короткого импульса со сдвигом, равным времени обхода сигналом интерферометра Фабри-Перо. Анализ процесса формирования пространственного поля оптических волн в условиях освещения пространственно-когерентным (в частности — точечным) источником показал также, что применение расходящегося пучка для освещения интерферометра может приводить к формированию специфической изменяющейся во времени структуры поля изображения на фотокатоде регистрирующей системы, сходной с динамической спектральной картиной, но никак не связанной с изменением частоты сигнала.

1. Ефимов Ю.Н. Канд. диссертация. СПб, 2003.

Халькогенидные полупроводниковые стекла как носители информации

Трушкова Ульяна Витальевна

Научный руководитель: Пастор Александр Александрович,
канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

В настоящее время существуют различные способы записи и считывания информации с помощью оптических методов. Наиболее распространенным и общепринятым является способ цифровой записи на компакт-дисках, при котором осуществляется побитовая запись информации на поверхности носителя путем выжигания микроотверстий на этой поверхности излучением лазера. Считывание происходит также побитово лазерным излучением. Однако данный метод имеет существенные ограничения по плотности записи и скорости считывания информации. Также к недостаткам следует отнести чувствительность к загрязнениям и механическим воздействиям.

В связи с этим в последнее десятилетие активно развиваются исследования в области применения голографических методов записи и обработки информации.

Возможность применения полупроводников для решения различных задач лазерной физики зависит от ряда их нелинейно-оптических характеристик, в частности нелинейного показателя преломления и коэффициента двухфотонного поглощения. Данное обстоятельство послужило причиной интенсивных исследований нелинейной рефракции и нелинейного поглощения в полупроводниках.

Особый интерес в последнее время вызывают аморфные халькогенидные структуры. Подобные среды являются многообещающими для использования в системах обработки информации благодаря таким достоинствам, как большая степень нелинейности, высокая прозрачность в инфракрасном диапазоне и удобство механической обработки. К потенциальным областям применения аморфных халькогенидов относят обращение волнового фронта, поляризационную голографию, обработку оптического изображения, оптическое переключение, использование в интегральных оптических приборах и в качестве голографических оптических элементов и т.д.

Халькогенидные стекла обладают различными значениями положения края полосы фундаментального поглощения (в зависимости от компонентов, содержащихся в этих структурах). Это ведет также к изменению нелинейных восприимчивостей на соответствующих длинах волн. Так, замена атомов Ge и S на As и Se приводит к росту нелинейного отклика в подобных структурах. Данные среды обладают ярко выраженной спектральной зависимостью нелинейно-оптических параметров.

Рассматривается методика фотоиндуцированных изменений показателя преломления в халькогенидном стекле. Образец выбирается так, чтобы он мог обеспечить возможность использования двухступенчатого процесса возбуждения. С помощью этого способа достигается значительное уменьшение энергоемкости процесса записи, тем самым, обеспечивая возможность применения менее мощных лазеров, что приводит к удешевлению системы.

Литература:

1. D. Psaltis and G. W. Burr, “Holographic Data Storage,” Computer 31, No. 2, 52– 60 (1998).
2. Ю.С.Тверьянович, А.А. Пастор, “Резонансная “оптическая нелинейность” в стеклообразных полупроводниках”, "Физика и химия стекла", 2004.

УДК 539.194

Эмпирическое определение энергии ровибронных уровней триплетных состояний молекулы дейтерия.

Умрихин Иван Сергеевич.
Научный руководитель:
Лавров Борис Павлович, доктор физико-математических наук,
профессор физического факультета СПбГУ.

Используя новый метод нахождения энергии электронно-колебательно-вращательных (ЭКВ) уровней двухатомных молекул из экспериментальных данных о волновых числах спектральных линий, основанный только на комбинационном принципе Ридберга-Ритца, и принципе максимального правдоподобия (Лавров Б. П., Рязанов М. С., Письма в ЖЭТФ, 2005), получен оптимальный набор значений энергии ЭКВ уровней молекулы дейтерия с погрешностями. Проведена обработка всех известных автору данных по измерению спектров молекулы дейтерия, в результате которой удалось провести независимую оценку ошибок измерений, разбить все данные на примерно равноточные выборки, исключить промахи и ошибки идентификации ЭКВ спектральных линий.

Показано, что новый метод анализа спектров двухатомных молекул может быть использован для независимой оценки точности измерений волновых чисел ЭКВ спектральных линий триплетных систем полос молекулы дейтерия.

Установлено, что оценка точности измерений волновых чисел приведенная в работах по измерению спектров по большей части не соответствует реальной точности экспериментальных данных. Статистический анализ экспериментальных данных показал, что значительная часть волновых чисел измерена с погрешностью в два-три раза меньше заявленной.

Показано, что удается устранить субъективизм в определении взаимного расположения некоммутирующих систем триплетных энергетических ЭКВ уровней, имеющих разную симметрию относительно перестановки ядер.

Получены 1030 оптимальных значений энергий ЭКВ уровней 35 электронных состояний молекулы дейтерия.

Обнаружено, что оптимизационный подход к проблеме позволяет найти значения энергии ЭКВ уровней с существенно более высокой точностью, чем традиционный многоступенчатый подход, основанный на анализе комбинационных разностей и ряде произвольных предположений о строении молекулы (Freund R.S., Schiavone J.A., Crosswhite H.M. J. Phys. Chem. Ref. Data. 1985).

УДК 539.192:535.34

Определение давления и спектральных характеристик мономера HF из спектра поглощения смеси D_2O/HF в газовой фазе.

Хилькевич Наталья Валерьевна
Научный руководитель:
Громова Елена Ивановна, мл. науч. сотр., НИИ физики СПбГУ

Экспериментальный спектр поглощения смеси D_2O/HF в газовой фазе был зарегистрирован в области 4300-1700 см$^{-1}$ при температуре 293К при помощи вакуумного Фурье – спектрометра Bruker IFS – 113v с разрешением 0,1 см$^{-1}$ в кювете длиной 10см. Измерения проводились при суммарном давлении смеси p(D_2O+ HF)~20-40Торр.

Из экспериментальных данных определены спектральные характеристики мономера HF: вращательная постоянная и частота фундаментального колебательного перехода.

Давление мономера HF определялось по интегральной интенсивности вращательных линий. Обычно центр линии хорошо описывается лоренцевской кривой, а края – допплеровской, поэтому для описания вращательных линий HF и DF был выбран модельный контур, состоящий из суммы гауссовской и лорентцевской кривых. Зная площадь фигуры, ограниченной данным контуром и осью абсцисс, т. е. зная интегральную интенсивность отдельной вращательной линии, можно рассчитать давление по формуле:

$P = \frac{S}{I * l}$, где S – площадь под контуром (см$^{-1}$), l – длина кюветы (см), I – интенсивность вращательной линии (см$^{-1}$/мол*см$^{-2}$), приведенная в атласе HITRAN – 99. Таким образом, получено значение давления мономера p(HF)~4 $\div$5торр.

УДК 541.145

Моделирование УФ-окрашивания дисперсных широкощелевых твердых тел при фотоадсорбции простых молекул в приближении Ленгмюра-Хиншельвуда.

Н.В.Хомченко
Физический факультет, каф. фотоники
Научный руководитель: Рябчук Владимир Константинович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры фотоники физического факультета СПбГУ.

В работе рассматривается простой стадийный механизм образования F- и V – центров окраски в широкощелевых ($E_g \geq 3$ эВ) дисперсных твердых телах.

Целью данной работы было компьютерное моделирование УФ-окрашивания при протекании на поверхности фотостимулированной адсорбции (фотосорбции) в приближении Ленгмюра-Хиншельвуда [1] В этой модели процесс фотосорбции начинается с темновой стадии – обратимой адсорбции молекулы M на поверхностных центрах S с образованием адсорбционного комплекса M_s,

$$S + M \Leftrightarrow M_s \qquad (1)$$

который служит центром захвата фотоносителя при УФ освещении, например, фотоэлектрона

$$M_s + e \rightarrow M_a^- \qquad (2)$$

Рассматриваемый 11-ти стадийный механизм включал в себя стадии темновой адсорбции молекул (1), генерации фотоэлектронов и фотодырок при поглощении света, рекомбинацию носителей на центрах рекомбинации, образование и гибель F и V-центров окраски при захвате анионными и катионными вакансиями фотоэлектронов и фотодырок соответственно, и образование адсорбционных комплексов (2). Была учтена также и стадия распада комплекса при рекомбинации захваченного электрона со свободными фотодырками (h)

$$M_s^- + h \rightarrow M_s + \qquad (3)$$

Система дифференциальных уравнений, соответствующих системе квазихимических уравнений решалась численно с помощью программы Chemical Reactions Network ToolBox [2]

Рассматривалось приближения «быстрой темновой адсорбции», т.е. когда время установления адсорбционно-десорбционного равновесия (1) много меньше любого процесса с участием фотоносителей.

Были получены решения систем уравнений для УФ-окрашивания в вакууме (M=0) и газе ($M \neq 0$).

В результате анализа результатов моделирования сделан следующий вывод: Экспериментально наблюдаемое увеличение числа дырочных центров окраски ($\Delta V > 0$) при одновременном уменьшении числа образованных светом электронных центров окраски ($\Delta F < 0$) при облучении в газе в сравнении с облучением в вакууме проявляется тем сильнее, чем меньше сечение рекомбинации фотодырки с электроном в процессе (3)

Литература

1. В.М.Артемьев, В.К.Рябчук. Введение в гетерогенный фотокатализ. СПбГУ.1999. 303 с.

2. Программа CRNT:www.che.eng.ohio-state.edu/˜feinberg/crnt

Проявление резонансного диполь – дипольного взаимодействия молекул CF_4 в спектре низкотемпературной матрицы.

Череватова Анна Николаевна

Научные руководители: Тохадзе Константин Григорьевич, д-р физ.-мат.наук, профессор физического факультета СПбГУ, Щепкин Дмитрий Николаевич, канд.физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

Произведена интерпретация спектров димеров $(^{12}CF_4)_2$, $(^{13}CF_4)_2$, $(^{12}CF_4{}^{13}CF_4)$ по спектру в матрице из Ar, при 11К. Изучен образец с природным содержанием изотопов: $c(^{13}C)/\ c(^{12}C)$=1% и образец, обогащенный изотопом из $c(^{13}C)/\ c(^{12}C)$=3. Относительные интенсивности наблюдаемых полос димеров соответствуют относительной концентрации димеров.

Расчет спектра производился с учетом внутримолекулярного резонанса $\nu_3 \approx 2\nu_4$ в спектре молекулы CF_4. Для $^{12}CF_4$ резонанс достаточно острый и наблюдается во всех областях колебательного спектра: $(v_i,v_3,v_4) \approx (v_i,v_3+1,v_4-2)$, относительная интенсивность компонент дублета Ферми составляет от 0,12 до 0,18. Для $^{13}CF_4$ резонанс сильно ослабевает из-за изотопных сдвигов: $\Delta\nu_3$ = -38,5 см$^{-1}$, $\Delta\nu_4$ = -2,3 см$^{-1}$. Относительная интенсивность компонент составляет: 0,05. Наблюдаемое расщепление в спектре согласуется с рассчитанным расщеплением в приближении учета резонансного диполь – дипольного взаимодействия. Решение обратной задачи в этом приближении дает расстояния между молекулами R_{cc} = 4.12 Å и R_{cc} = 4.18 Å. для двух наблюдаемых в матрице сайтов.

УДК 535.241.13

Исследование квазиколлинеарных акустооптических фильтров на кристаллах парателлурита и каломели

Шувалов Виктор Михайлович
Научный руководитель:
Волошинов Виталий Борисович, канд. физ.-мат. наук,
доцент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Большинство акустооптических (АО) приборов, использующих кристалл парателлурита, основано на взаимодействии светового пучка с акустической волной, распространяющейся вдоль оси [110] или вблизи нее, так как в этом случае величина АО качества M_2 максимальна. Одним из таких приборов, которые исследуются и применяются в последнее время, являются перестраиваемые АО фильтры (АОФ).

Существенным недостатком кристалла парателлурита является то, что коэффициент M_2 при распространении света и звука вдоль направления [110] равен нулю, в то время как при распространении света вдоль оси [001] этот коэффициент равен $M_2 = 1200 \cdot 10^{-18}\ c^3/г$. По этой причине не удается осуществить в TeO_2 коллинеарное акустооптическое взаимодействие, которое в сочетании с низкой скоростью звука $V = 616\ м/с$ вдоль оси [110] позволило бы создать фильтр с очень высоким спектральным разрешением.

Тем не менее, оказалось, что в парателлурите имеется возможность наблюдать дифракцию вдоль оси [110] и при этом обеспечить большую длину взаимодействия света и звука. Эта возможность реализуется при квазиколлинеарной дифракции, когда коллинеарными являются не фазовые, а групповые скорости света и звука, в результате чего акустооптическое взаимодействие происходит вне направления [110].

Некоторое время назад был предложен АО фильтр на основе квазиколлинеарной дифракции, обладающий весьма высоким оптическим разрешением. Однако за последнее время требования к акустооптическим устройствам повысились. Поэтому целью работы является не только теоретическое и экспериментальное изучение закономерностей функционирования квазиколлинеарного фильтра на кристалле парателлурита, но и теоретическое исследование фильтра на кристалле каломели, который, как ожидается, будет иметь более высокое спектральное разрешение.

Рассмотрение фильтра на кристалле каломели интересно по многим причинам. Однако главная из них - это повышение требований, предъявляемых к акустооптическим устройствам по величине полосы пропускания. Поэтому создание фильтра на новом материале является важной и актуальной задачей.

В результате исследования были произведены измерения следующих основных характеристик фильтра на парателлурите:

- зависимости угла Брэгга от частоты ультразвука
- зависимости полосы частот дифракции от акустической частоты
- зависимости полосы частот дифракции от длительности акустического цуга
- эффективности дифракции от мощности ультразвука.

Эти же характеристики были рассчитаны не только для фильтра на парателлурите, но и для фильтра на кристалле каломели. Как и ожидалось, характеристики устройства на каломели превосходят характеристики аналогичного фильтра на кристалле парателлурита. Например, полоса пропускания в новом устройстве может достигать величины $\Delta\lambda = 0{,}3\ Å$, что в несколько раз лучше, чем в TeO_2 .

К сожалению, у фильтра на кристалле каломели имеются и недостатки, Эти недостатки, наряду с преимуществами нового прибора, также обсуждаются в предлагаемом докладе.

Q. Стендовые доклады секции

"Прикладные математика и физика"

Центральный холл второго этажа
физического факультета
2 ноября 2005 года, среда, 14:30

Моделирование униполярного коронного разряда с учетом диэлектрических вставок

Воинов Александр Сергеевич, Зарядов Юрий Алексеевич

Научный руководитель: Стишков Юрий Константинович, д-р. физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В изоляционных системах, применяемых в высоковольтных линиях электропередач, используют сложные формы и сочетания газового и твердого состояния изоляционных конструкций. Это, по мнению разработчиков, приводит к повышению пробивной прочности системы электродов. Целью настоящей работы является компьютерное моделирование процессов незавершенного разряда в изоляционной конструкции, содержащей воздушный и твердый изоляторы. В ходе работы было исследовано воздействия диэлектрической вставки, расположенной в межэлектродном пространстве (и её формы) на поведение и форму коронного разряда, а также на изменение таких параметров, как напряжение зажигания короны и сила тока разряда. Моделирование униполярного коронного разряда было проведено итерационным методом в пакете физического моделирования Ansys (версий 8 и выше). В результате расчета была получена конфигурация силовых линий электрического поля и тока с учетом коронного разряда при наличии диэлектрических вставок различной формы и контурные графики распределения объемного заряда (см. рис. 1.1 и 1.2). Следует отметить, что распределение электрического поля существенно отличается от расчета в электростатическом приближении. Затем результаты компьютерного моделирования были проверены в натурном эксперименте (см рис. 1.3).

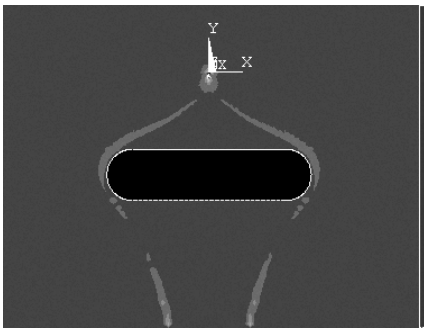


Рис. 1.1

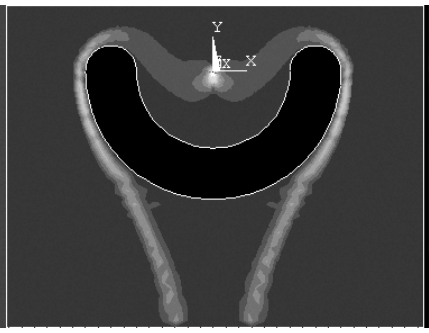


Рис. 1.2

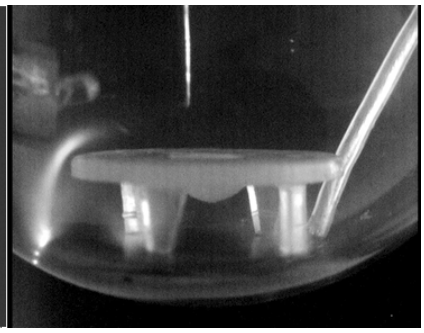


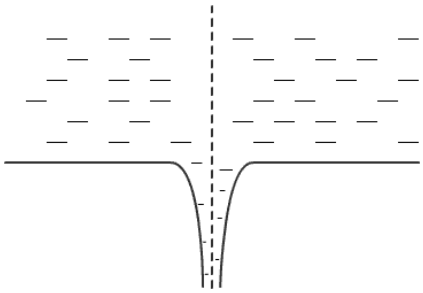
Рис. 1.3

Исследование струйного вытекания жидкости через щель в плоской стенке

Глущенко Пётр Владимирович

Научный руководитель: Будылин Александр Михайлович, канд. ф.-м. наук, доцент кафедры высшей математики и математической физики физического факультета СПбГУ

Решение задачи в пакете Ansys методом построения конечно элементной модели натыкается на преграды по причине того, что для использования метода область за границей щели должна быть задана. Обойти проблему средствами Ansys не удается, поэтому был задействован аппарат математической физики с идеей конформных преобразований в качестве основы аналитического решения.



Рассмотрим область, ограниченную осью симметрии $\boldsymbol{x}$=0, свободной границей струи **Г** и стенкой $\gamma=\{y=0, x\in[-\infty,0]\}$. Вдоль оси симметрии $\upsilon_X=0$, $0\geq\upsilon_Y\geq-\upsilon$. На Г: $v^2=\upsilon^2$. На γ: $0\leq\upsilon_X\leq\upsilon$, $\upsilon_Y=0$. При этом $\upsilon=Q/2b$, где $2b$ – ширина струи на бесконечности, Q - поток.

Положим ζ=ω', где ω – комплексный потенциал, $\zeta=\omega'=\upsilon_x+i\upsilon_y$. В переменной ζ область принимает вид сектора, радиусом υ, заключённого между лучами φ=-π/2 и φ=0. Отобразим его конформно на верхнюю полуплоскость (удобно сначала отобразить сектор на полуполосу, а потом воспользоваться формулой Шварца)

$$\zeta=\upsilon\left(\sqrt{t}-\sqrt{t-1}\right)$$

переменной t. На полуплоскости переменной t оси симметрии соответствует отрицательная полуось, свободной границе Г – отрезок [0,1], и стенке γ – полуось [1,∞].

В плоскости t строим регулярную функцию, мнимая часть которой принимает нулевое значение на отрицательной полуоси и значение –Q/2 на положительной полуоси. Отсюда

$$\omega=\frac{Q}{2\pi}\ln t-i\frac{Q}{2}.$$

Мы получили зависимость ω от t, а следовательно и z от t ($z=x+iy$). Воспользуемся производной сложной функции для нахождения производной dz/dt. Это и позволяет нам получить уравнение границы в параметрической форме (зависимость x и y от t).

$$\begin{cases} x=\dfrac{2a}{\pi+2}\left(\sqrt{t}+\dfrac{\pi}{2}\right) \\ y=\dfrac{2a}{\pi+2}\left(\sqrt{1-t}-\dfrac{1}{2}\ln\dfrac{1+\sqrt{1-t}}{1-\sqrt{1-t}}\right) \end{cases}$$

На основе аналитического решения построена модель с помощью пакета численного моделирования Ansys (версии 9.0). Модель соответствовала физической реальности, из чего сделан вывод о корректности поставленной задачи, актуальности используемого подхода и возможностях расширения круга решаемых задач в области прикладной физики.

Контактные задачи (КЗ) в среде ANSYS

Лисняк Марина Владимировна

Научный руководитель: Павлейно Михаил Анатольевич, канд. ф.-м. наук, доцент кафедры радиофизики физического факультета СПбГУ

В данной работе рассматривается задача о нахождении места контакта двух тел. Аналитическое решение подобной задачи является достаточно трудоёмкой задачей, а зачастую практически невозможно. В связи с этим наиболее привлекательным является численное решение данной задачи.

Сама по себе задача о нахождении контактных точек является очень сложной, так как места контакта заранее неизвестны, а области контакта могут меняться в зависимости от нагрузок, свойств материалов, граничных условий и других факторов.

Для решения данной задачи применяется пакет численного моделирования ANSYS, основанный на методе конечно-элементного моделирования.

Был написан ряд программ на языке APDL, который позволяет рассчитывать механические параметры контакта, для простейших геометрий.

Алгоритм решения КЗ:

- Создание модели, построение сетки(элементы на контактной поверхности выбираются более мелкие, для лучшей сходимости);
- Определение мест возможного контакта;
- Определение контактной и целевой поверхности, присвоение им типа элементов;
- Создание контактной пары;
- Задание нагрузок(граничные условия);
- Решение.

В нашем случае рассматривалась система из двух брусков (вертикальный и горизонтальный) в 2-D и 3-D случае. Горизонтальный брусок был закреплён, а к вертикальному прикладывалась нагрузка. Были рассмотрены три типа нагрузок: давление, перемещение, начальная скорость.

В зависимости от начальных условий при решении возникали особенности. Во всех трёх случаях максимальные деформации возникали в закрепленных областях и местах контакта.

В случае, где задавалась начальная скорость, в телах возникли поперечные волны, кроме того “глубина” контакта получалась различной при различных значениях скорости. При достаточно большом значении скорости ~50 м/с, происходило слипание брусков.

В случае задания перемещения и давления области контакта получались практически идентичными.

Погрешности, допускаемые ANSYS при решении КЗ. Если между брусками задать достаточно большие расстояния, сравнимые с их размерами, то до столкновения движение тела в пустом пространстве происходит с некоторыми нарастающими во времени деформациями, порядка 0.5e-3.

В качестве выводов можно сказать, что пакет конечноэлементного моделирования ANSYS хорошо подходит для решения статических контактных задач и задач теории упругости. Для решения динамических задач лучше использовать другой пакет, например LS-DYNA.

Исследование распространения упругих волн в сложных конструкциях

Петрушенко Иван Николаевич

Научный руководитель: Стишков Юрий Константинович, д-р физ.-мат.наук, профессор физического факультета СПбГУ

При проектировании промышленных изделий особое внимание отводится механическому ресурсу конструкции. Расчёт и борьба со статическими перегрузками в конструкции является давно исследуемой и уже практически изученной проблемой. Проблемой динамической прочности занимались меньше, и она к настоящему времени является ещё не в полной мере изученной. Даже при современном проектировании расчёту динамической прочности конструкции уделяется малое влияние, а в случае возникновения проблем они решаются полу эмпирическими методами. Это приводит к трудно предсказуемым расходам и задержке промышленного выпуска изделия, со всеми вытекающими обстоятельствами...

Изучение динамических нагрузок в целом представляет собой огромный спектр задач, которые ещё не скоро будут до конца изучены. Мы же ограничились рассмотрением проблемы распространения упругих волн в конструкциях. Работа является обобщением основных закономерностей распространения импульсных волн рассмотренных на конструкции тягового изолятора вакуумного выключателя. Для решения этих задач был использован численный эксперимент. Использовался явный решатель LS-DYNA, интегрированный в систему ANSYS, основанную на методе конечных элементов.

Исходно решалась сугубо практическая задача «численный эксперимент по размыканию контактной системы вакуумного выключателя при испытании на УСИВВН». Для его постановки потребовалось провести изучение динамики передачи усилия от привода к вакуумной дугогасящей камере по тяговому изолятору. Логическим развитием, которого стало обобщение и детальный анализ результатов, в ходе которого, были обнаружены основные закономерности прохождения упругих волн через принципиальные элементы конструкции. При этом акцентировалось внимание на перегрузках, испытываемых конструкцией, и на динамике прохождения ударной волны.

Поскольку единовременный анализ столь сложного процесса невозможен, задача разбивалась на модули. Это позволило проанализировать влияние каждой детали ТИ на динамику процесса и оценить их вклад. Оценив вклады отдельных деталей, была сделана общая модель, на которой и ставился численный эксперимент.

Физически задача разделяется на принципиальные базовые задачи: «прохождение однородного участка», «втекание/вытекание волны», «параллельное течение волны в разных средах», «переход волны между разнородными средами».

Полученные результаты позволяют улучшить динамические характеристики серийного тягового изолятора, а также могут быть использованы при проектировании новых моделей. Данная работа представляет собой первые шаги в данном направлении. Для дальнейшего развития в данном направлении необходимо определение динамических и усталостных свойств материала. До решения данной проблемы мы можем пока дать только качественные и сравнительные результаты. Они весьма полезны при проектировании, хотя и не позволяют полностью перейти на численный эксперимент.

Q-05

Применение карт Кохонена к анализу фондового рынка США

Князева Ирина Сергеевна

Научный руководитель: Юрий Александрович Куперин,
д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

См. тезисы N-04

Q-06

Исследование методов нейросетевого прогнозирования финансовых временных рядов и построение на этой основе торговой стратегии

Федотов Александр Юрьевич

Научный руководитель: Куперин Юрий Александрович,
д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

См. тезисы N-08

Q-07

Прогнозирование волатильности финансовых данных с помощью мультифрактальной модели MSM

Шалагинов Евгений Алексеевич

Научный руководитель: Дмитриева Людмила Анатольевна,
канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

См. тезисы N-09

R. Заседание секции

"Теоретическая, математическая и вычислительная физика"

Аудитория В-02
3 ноября 2005 года, четверг, 12:30

Спиновая цепочка, связанная с квантовой супералгеброй $sl_q(1|1)$

Рясиченко Павел Дмитриевич

Научный руководитель: Кулиш Пётр Петрович, д-р. физ.-мат. наук, зав. лаб. ПОМИ РАН

С решением уравнения Янга-Бакстера (R-матрицей) можно связать интегрируемую систему, исследование которой возможно в рамках квантового метода обратной задачи. Помимо спектра и собственных состояний схема квантового метода обратной задачи позволяет проводить исследование корреляционных функций системы, также представляющих физический интерес.

Существует соответствие между градуированным и обычным уравнениями Янга-Бакстера. Используя данное соответствие, решению градуированного уравнения Янга-Бакстера, отвечающего квантовой супералгебре $sl_q(1|1)$, можно сопоставить R-матрицу, удовлетворяющею обычному уравнению Янга-Бакстера. С этой R-матрицей связывается спиновая цепочка с неэрмитовым гамильтонианом. Полученная система относительно проста, что позволяет провести явно основные вычисления квантового метода обратной задачи.

Найден спектр системы и описаны её собственные состояния. Одним из следствий относительной простоты системы является возможность явно решить уравнения Бете. Выделена алгебра симметрии системы. Специфические свойства системы позволили вычислить статистическую сумму модели на двумерной решётке с граничными условиями типа доменной стенки.

Импульсный метод в задаче излучения полуплоскости

Кытманов Антон Валерьевич

Научный руководитель: Толмачев Юрий Александрович, докт. физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Импульсный метод анализа физических систем в свое время активно применялся в радиотехнике для изучения линейных систем и оказался чрезвычайно эффективным. Использование этого приема в оптике было выполнено для случая дифракции скалярного поля. В данном сообщении этот подход развит с учетом векторного характера электромагнитных волн, для чего используются векторные функционалы.

Идея метода состоит в том, чтобы использовать закон излучения точечного диполя для перехода к некоторому непрерывному распределению излучателей. При этом выполняется предварительное разложение закона изменения дипольного момента во времени по дельта-функционалам Дирака. Это приводит к необходимости интегрировать функционалы вида $\frac{\delta\left(t-R/c\right)}{R^n}$ по некоторому пространственному распределению излучателей. Здесь *t*-время, *c*-скорость света, $R=\left|\vec{r}-\vec{r}_0\right|$ - длина вектора от точечного диполя в исследуемом распределении к точке наблюдения электромагнитного поля.

Для задач, в которых диполи тождественны и изменяются синхронно, оказывается возможным выполнить интегрирование по любому прямолинейному и одномерному распределению зарядов в элементарных функциях. При тех же условиях интегрирование возможно ***в явном виде*** и по плоским двумерным поверхностям, в частности, по полуплоскости.

Для ***вектора*** $\vec{H}$ магнитного поля, излучаемого полуплоскостью $(x_0;y_0;z_0)\in\Re\times[Y_1;\infty)\times\{0\}$ идентичных диполей параллельных вектору $\vec{n}$, самая сложная из трех компонента функционала выглядит следующим образом:

$$H_1=2\pi\frac{\sigma}{c}sign(z)n_2\delta\left(t-\frac{|z|}{c}\right)F_{(Y_1;\infty)}(y)+\frac{2\sigma z n_2}{c^3}\frac{(Y_1-y)}{\left(t^2-\frac{z^2}{c^2}\right)\sqrt{t^2-\frac{R_Y^2}{c^2}}}\theta\left(t-\frac{R_Y}{c}\right)+2\sigma n_3\frac{\theta\left(t-\frac{R_Y}{c}\right)}{\sqrt{(ct)^2-R_Y^2}},\quad(1)$$

где σ-поверхностная плотность диполей, $R_Y^2=z^2+(Y_1-y)^2$ - расстояние от точки наблюдения до **края** полуплоскости, *x, y, z, t*-координаты и время точки наблюдения, $F_{(Y_1;\infty)}(y)$ - индикаторная функция множества. Она равна 1, если её аргумент лежит в указанном множестве и равна 0, в противном случае. Соотношения для двух других компонент поля выглядят еще проще.

Этот функционал дает возможность найти **точный** закон излучения **векторного** магнитного поля при произвольном законе изменения дипольного момента. Для этого достаточно выполнить свертку по времени приведенного функционала с первой производной по времени от дипольного момента.

Автором найдены в явном виде функционалы излучения векторного электрического и магнитного поля для распределения диполей по прямой, лучу, отрезку, плоскости, полуплоскости, полосе и по **прямоугольнику**.

Роль многоэлектронных эффектов в резонансном фотопоглощении отрицательного иона Na^- около порога ионизации внутренней 2p-оболочки

Яцышин Петр Игоревич

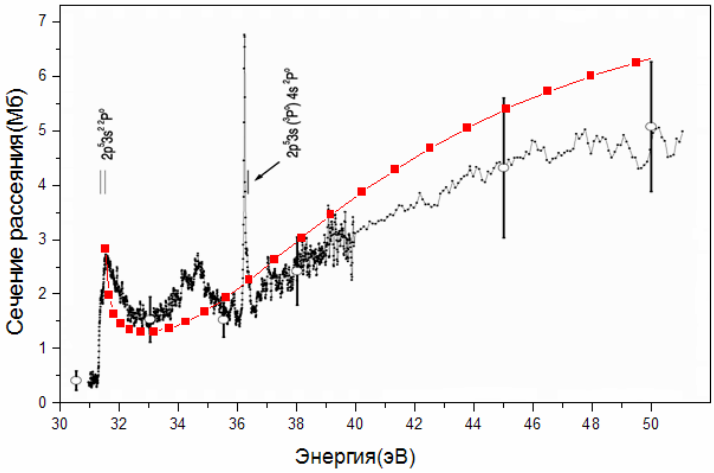
Научный руководитель: Иванов В.К., д.ф.-м.н.,
профессор физико-механического факультета СПбГПУ

Обсуждаются результаты расчета сечений фотопоглощения вблизи порога фотоионизации внутренней 2p-оболочки отрицательного иона натрия Na^- ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$). Многоэлектронные корреляции очень важны вблизи порога ионизации внутренних оболочек, где они проявляют себя в результате межканального взаимодействия, поляризационных и релаксационных процессов, в том числе возбуждения электронов остова. До девяностых годов двадцатого века было мало работ, посвященных изучению многоэлектронных корреляций вблизи порогов ионизации, что объяснялось главным образом техническими проблемами эксперимента. Однако недавние теоретические и экспериментальные исследования показывают наличие или наоборот отсутствие резонансов в сечениях фотопоглощения внутренних оболочек вблизи порогов их ионизации.

Для расчетов был использован метод теории многих тел, объединяющий Обобщенное Приближение Случайных Фаз с Обменом (ОПСФО), описывающее межканальное взаимодействие и статическую релаксацию, и Метод Уравнения Дайсона (УД) [2], при помощи которого находится поправка к фазе вылетающего фотоэлектрона, обусловленная поляризацией остова. Волновые функции вылетающего электрона были получены при помощи метода Хартри-Фока с добавлением модельного поляризационного потенциала

$$V(r) = -\frac{\alpha}{2\left(r^2 + r_c^2\right)^2} \ .$$

Параметры его ищутся исходя из требования близости фаз фотоэлектрона к рассчитанным методом УД вблизи порога ионизации внутренней 2p-оболочки. Полученные таким образом волновые функции используются для расчета сечений. Вблизи порога результаты расчетов согласуются с экспериментом [1] (см. рис.). Интерпретация резонансных особенностей требует дальнейшего изучения.



Литература.

1.Covington A. M.; Aguilar A.; Davis V. T.; Alvarez I.; Bryant H. C.; Cisneros, C., Halka, M., Hanstorp, D., Hinojosa, G., Schlachter, A. S., Thompson, J. S., Pegg, D. J. Correlated processes in inner-shell photodetachment of the Na^- ion. // J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 2002. 34 №22, L735-L740

2. Ivanov V.K. Theoretical studies of photodetachment // Radiation Physics and Chemistry. 2004. 70. P. 345–370

Эффект несохранения четности в атоме цезия

Головко Ольга Алексеевна

Научный руководитель: Гойденко Игорь Анатольевич, канд.физ.-мат.наук, доцент физического факультета СПбГУ

Нарушение четности в стабильных атомах свидетельствует о слабом электрон-нуклонном взаимодействии, протекающем внутри атомного ядра с участием нейтрального Z-бозона, которое сохраняет как электрический заряд, так и все внутренние квантовые числа каждой взаимодействующей частицы. Однако четность перестает быть точным квантовым числом и возникает смешивание уровней: стационарные состояния приобретают малые примеси состояний с тем же значением полного момента, но с противоположной четностью.

Из стационарного уравнения Дирака с учетом добавочного гамильтониана, ответственного за смешивание состояний электрона (без учета спина ядра), найден вид релятивистской волновой функции валентного электрона в первом порядке по r - расстоянию от начала координат. Вычислена амплитуда нарушающего четность электрического дипольного перехода и значение электрослабого заряда. В качестве потенциала, создаваемого атомным ядром, используется потенциал равномерно заряженного шара.

С учетом следующих порядков в разложении по степеням r волновая функция представляется в виде ряда Тейлора, с помощью которой можно вычислять влияние квантово-электродинамических поправок на формирование электрослабого заряда.

Электрический квадрупольный момент водородоподобного атома в *ns* и $np_{1/2}$ состояниях

Кожедуб Юрий Сергеевич

Научный руководитель: Шабаев Владимир Моисеевич, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Если пренебречь взаимодействием электрона с магнитным моментом ядра (сверхтонкое взаимодействие), то электрический квадрупольный момент водородоподобного атома в *ns* и $np_{1/2}$ состояниях, как известно, равен нулю. Сверхтонкое взаимодействие может индуцировать электрический квадрупольный момент атома. В работах [1-3] было получено выражение для квадрупольного момента, индуцированного магнитным дипольным сверхтонким взаимодействием, водородоподобного атома в *1s* и $2p_{1/2}$ состояниях. Электростатическое квадрупольное сверхтонкое взаимодействие также может индуцировать ненулевой квадрупольный момент атома. Однако, поскольку для легких атомов электростатическое сверхтонкое взаимодействие значительно слабее магнитного дипольного сверхтонкого взаимодействия и к тому же имеет место только, если спин ядра больше ½ этому каналу индуцирования квадрупольного момента атома практически не уделялось внимания.

В настоящей работе получено релятивистское аналитическое выражение для электрического квадрупольного момента водородоподобного атома в ns и $np_{1/2}$ состояниях. Полученные выражения верны для ионов с произвольным зарядом, спином, магнитным дипольным и электрическим квадрупольным моментами ядра. Учтены как магнитное дипольное, так и электрическое квадрупольное сверхтонкие взаимодействия. Вычисления основываются на методе обобщенных вириальных соотношений для уравнения Дирака в центральном поле [4]. Исследованы зависимости полученных выражений от заряда ядра и главного квантового числа *n*. Проведено сравнение индуцированных квадрупольных моментов с квадрупольными моментами ядер.

[1] V.G. Baryshevsky and S.A. Kuten, Phys. Lett. A 64, 238 (1977); 67, 355 (1977).
[2] I.B. Khriplovich, J. Phys. B 17, L503 (1984).
[3] V.G. Baryshevsky, S.A. Kuten and V.I. Rapoport, J. Phys. B 18, L121 (1985).
[4] V.M. Shabaev, J. Phys. B 24, 4479 (1991).

Теоретический расчет уровней тяжелых антипротонных и мюонных атомов в рамках квантовой электродинамики

Батурин Станислав Сергеевич

Научный руководитель: Шабаев Владимир Моисеевич, доктор физ.-мат наук, профессор кафедры квантовой механики физического факультета СПбГУ

Предметом научного интереса являются тяжелые атомы и ионы с мюоном или антипротоном на внутренней электронной оболочке. Выбор данного объекта теоретического исследования связан с появлением возможностей проведения высокоточных экспериментов над подобного рода атомами. В лабораториях GSI (Дармштадт) в скором времени планируется получение медленных пучков антипротонов, что позволит получать тяжелые антипротонные атомы в большом количестве. Так же совершенствования технологий измерения позволит более точно получить энергии перехода антипротона (мюона).

Основными задачами работы являлись:

1. расчет поправки на отдачу с использованием нового более точного, чем в [2] гамильтониана, полученного в [1].
2. расчет поправок на аномальный магнитный момент, а также радиационной поправки в приближении Юлинга.
3. расчет радиационной поправки в приближении Калена-Сабри.
4. расчет радиационной поправки в приближении Вичмана-Крола.
5. расчет поправки на электронное экранирование антипротона или мюона (учет наличия электронов, а также их взаимодействия друг с другом, с ядром и замещающей частицей).

В ходе работы были получены формулы для поправок на аномальный магнитный момент поправки на отдачу поправки на электронное экранирование. Для решения поставленных задач были разработаны компьютерные программы:

1. Расчет потенциала Юлинга на произвольной сетке.
2. Расчет потенциала Калена-Сабри на произвольно сетке.
3. расчет потенциала Вичмана-Крола на произвольной сетке.
4. Расчет потенциала ядра в моделях: сфера, шар, Ферми.
5. Расчет производной вышеуказанных потенциалов.
6. Программа, опубликованная в [2], адаптирована для расчета энергии связи антипротонных ионов, а также для расчета матричных элементов операторов поправок.
7. Модифицирована программа релятивистского Хартри-Фока для расчета атома с одним электроном, замещенным частицей (мюоном или антипротоном).
8. Программа решения уравнения Дирака с включенным оператором Паули в итерацию.

Сопоставляя результаты из [2] с рассчитанными в данной работе, можно заключить, что точно компьютерного расчета была увеличена. Уточнены значения для вкладов в энергию перехода от потенциала Вичмана-Крола, и потенциала электронного экранирования.

[1] A. Veitia, K. Pachuski, Phys. Rev. A, **69**, 042501 (2004).
[2] E. Borie, Phys. Rev.A, **28**, 555 (1983).
[3] F. Salvat, J.M. Fernandez-Varea, W. Williamson Jr., Comput. Phys Commun., **90**, 151 (1995).

Квантовоэлектродинамический расчет особенностей дифференциального сечения рассеяния антипротона на тяжелом ядре при рассеянии назад

Майорова Анна Владимировна

Научный руководитель: Шабаев Владимир Моисеевич, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В последнее время благодаря тому, что стали доступны эксперименты с антипротонами, актуальной проблемой теоретической физики является исследование процесса рассеяния антипротона тяжёлым ядром (или ионом). Целью настоящей работы было исследование особенностей дифференциального сечения рассеяния при движении антипротона в поле тяжёлого ядра с точки зрения классической механики. В рамках работы предполагалось создание программы для численного расчета дифференциального сечения рассеяния, исследование эффектов глории и радуги при рассеянии назад.

В работе, в рамках классической теории, исследовано рассеяние антипротонов тяжёлым (Z=92) точечным и конечным ядрами на наличие особенностей дифференциального сечения (глория, радуга). Принимались во внимание некоторые экранировочные поправки от двух электронов и поправка на поляризацию вакуума. При учёте экранировочных поправок наблюдается как радуга, так и глория. Важным результатом работы является тот факт, что эффект кулоновской глории можно получить без учёта экранировочных поправок. Это возможно, если включить в потенциал ядра поправку на поляризацию вакуума (потенциал Юлинга).

В качестве возможного практического применения результатов исследования можно указать их использование при создании ловушки для антипротонов. Накопление антипротонов в настоящее время является актуальной задачей на пути к созданию антивещества. Также результаты работы дают возможность изучить плотность вакуумного заряда в окрестности тяжёлого ядра с помощью рассеяния антипротона на ядре.

Расчет собственной энергии электрона в многозарядных ионах

Пригоровский Александр Владимирович

Научный руководитель: Лабзовский Леонтий Нахимович, доктор физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

Собственная энергия представляет собой класс радиационных поправок к различным квантово-электродинамическим процессам и описывает взаимодействие электрона с фотонным вакуумом. В атомах или ионах взаимодействие связанных электронов с вакуумом приводит к сдвигам энергетических уровней, наибольший вклад в которые вносит собственная энергия в низшем порядке (однопетлевой вклад). В многоэлектронных однозарядных ионах поправки на собственную энергию наиболее заметны и удобны для вычисления.

Данный расчет проведен с помощью разложения связанного электронного пропагатора по степеням взаимодействия с потенциалом ядра. После проведения процедуры перенормировки, все возникающие расходимости сокращаются, и результат представляется в виде суммы трех слагаемых: нуль-, одно- и многопотенциального членов, каждый из которых вычисляется по отдельности. Волновые функции связанного электрона находятся напрямую из уравнения Дирака с помощью разложения по B-сплайнам, затем численно переводятся в импульсное представление, а затем на них вычисляются матричные элементы операторов, соответствующих нуль- и однопотенциальному членам. Многопотенциальный вклад рассчитывается напрямую в координатном представлении с использованием того же разложеня по B-сплайнам. В результате получены значения поправок для нескольких зарядов ядра, что позволяет перейти к расчету поправок на собственную энергию к амплитудам переходов.

S. Заседание секции

"Ядерная физика и физика частиц"

Аудитория В-04
3 ноября 2005 года, четверг, 12:30

Поперечная поляризация Λ гиперонов в реакции квазиреального фоторождения при высоких энергиях: модель рассеяния s-кварка

Алиханов Ибрагим Алиевич

Аспирант кафедры ядерной физики СПбГУ
Научный руководитель: Гребенюк О.Г. ПИЯФ им. Б.П.Константинова

В 1976 году в ФЕРМИЛАБ было исследовано инклюзивное рождение Λ гиперонов в протон-нуклонном рассеянии при высоких энергиях и обнаружен неожиданный результат – гипероны, рожденные в этом процессе, были высоко поляризованы. При этом ни налетающие протоны с энергией 300 ГэВ, ни мишень не имели поляризации.

В области таких энергий теория возмущений КХД может хорошо описать простой подпроцесс. Однако, все амплитуды, включающие процесс переворота спина, подавлены при высоких энергиях, так как спиральность сохраняется в пределе пренебрежимо малой массы кварков. Поэтому механизм, лежащий в основе этого явления, должен определяться на уровне фрагментации кварков в адроны, где теория возмущений не работает (непертурбативная область).

Далее поляризация Λ и других гиперонов была исследована во многих процессах рассеяния при высоких энергиях, с пучками разных частиц и при разных кинематических условиях. Наблюдается почти линейное увеличение поляризации по абсолютной величине с ростом поперечного импульса гиперона в пределах до 1 ГэВ. Поляризация проявляет очень слабую зависимость от энергии налетающих частиц.

Использованы данные по поляризации Λ гиперонов, накопленные коллаборацией ГЕРМЕС (ДЕЗИ), в процессе рассеяния позитронов, с энергией 27.6 ГэВ, на протонах, когда квадрат переданного 4-импульса стремится к нулю.

В работе применена модель перерассеяния странного кварка на цветовом статическом потенциале мишени, которая ранее позволила достаточно хорошо описать поляризацию в случае К-мезон-протонных столкновений.

Полученные результаты воспроизводят основные черты экспериментальных данных.

Разработка методов выделения $\pi\pi\to KK$, ($\pi a_1\to KK$) амплитуд и предварительный анализ данных Crystal barrel и BNL

Вулфс Татьяна Олгертовна

Научный руководитель: Саранцев Андрей Викторович, д. ф.-м. н., в.н.с. ОТФ ПИЯФ

Спектр скалярных мезонов является одной из самых широко обсуждаемых тем в области сильных взаимодействий при низких энергиях. В этом секторе, наряду со стандартными мезонами, являющимися доминантно кварк-антикварковыми состояниями, ожидается и существование ряда экзотических, с точки зрения кварковой классификации, мезонов.

Киральная теория предсказывает существование при низких энергиях, вблизи пион-пионного ($\pi\pi$) порога, σ-мезона: связанного состояния двух пионов. При массах в районе 1.5 ГэВ ожидается существование скалярного глюбола: связанного состояния двух глюонов. Скалярные мезоны, расположенные в районе 1 ГэВ широко обсуждаются как кандидаты в их кварковые состояния.

В 1993-2004 годах в ЦЕРНе (CERN) был проведён ряд экспериментов по протон-антипротонной аннигиляции с целью поиска и определения скалярных мезонов. В результате анализа данных по $\bar{p}p \to \pi^0\pi^0\pi^0$, $\pi^0\pi^0\eta$, $\pi^0\eta\eta$, π^0KK, вместе с данными по $\pi\pi\to\pi\pi$, KK, $\eta\eta$, был открыт ряд резонансов, $f_0(1500)$, $f_0(1750)$, $a_0(1450)$, получено сильное указание на существование $f_0(1370)$. Кроме того, была получена K-матричная параметризация S-волны $\pi\pi$-амплитуды, которая успешно описывает данные вплоть до энергий 2 ГэВ. Однако устойчивое определение параметров $f_0(1370)$ является довольно сложной задачей, так как во многих реакциях это состояние наблюдается на фоне сильного сигнала от хорошо известного состояния $f_2(1270)$. Одним из источников определения параметров этого резонанса является анализ данных по реакции $\pi^-p\to$ KKn, как при малых переданных импульсах t (пионный обмен), так и при больших t (реджеонная область). При этом необходимо провести не только анализ S-волны, но и описать тензорные резонансы и относительную фазу S- и D-волны. Экспериментальные данные по реакции $\pi^-p\to$ KKn были получены в BNL.

Разработка методов выделения $\pi\pi\to KK$, ($\pi a_1\to KK$) амплитуд (особенно при больших t) и включение этих данных в совместный анализ являются основной задачей данной работы. В работе представлены вычисления амплитуд рождения KK мезонов в случае π и a_1 обменов и вычисление сечения $\pi^-p\to$ KKn реакции. Предварительный анализ показывает хорошее описание данных, что позволяет выделить вклад парциальных волн, относительных фаз амплитуд и определить с хорошей точностью параметры $f_0(1370)$.

УДК 621.384.6

Исследование и оптимизация схемы оптического делителя для многопучкового диэлектрического кильватерного ускорения электронных сгустков

Горбань Дарья Александровна

Научные руководители:
Шейнман Илья Львович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики СПбГЭТУ
Канарейкин Алексей Дмитриевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики СПбГЭТУ

Основной задачей экспериментальной физики элементарных частиц является достижение все более высоких энергий, однако параметры традиционных ускорительных установок близки к своим физическим приделам. Диэлектрическое кильватерное ускорение (ДКУ) электронов (ускорение на эффекте Вавилова–Черенкова) является одним из наиболее перспективных направлений создания высокоградиентных структур современных линейных ускорителей.

Наиболее критическим моментом для ДКУ является повышение коэффициента трансформации энергии R – параметра, показывающего эффективность процесса ускорения. Традиционно для ДКУ предлагается использовать коллинеарную схему, т.е. когда ускоряемый и ведущий сгустки проходят по одной оси, однако в этом случае, согласно “кильватерной” теореме всегда величина $R \leq 2$. Для достижения значений коэффициента трансформации $R > 2$ используется многосгустковая схема ускорения, в которой формируется треугольный профиль последовательности ведущих сгустков. Заряды в цепочке профилированы таким образом, что первый сгусток в последовательности обладает наименьшим зарядом, а последний – наибольшим. При этом все ведущие сгустки в цепочке испытывают воздействие одинакового по амплитуде тормозящего поля.

В эксперименте для создания профилированной цепочки сгустков используется оптическая схема, формирующая последовательность лазерных импульсов с заданными распределением интенсивности и задержками между ними. При попадании на фотоинжектор, лазерные импульсы формируют последовательность электронных сгустков с требуемым распределением заряда. Тем самым, параметры оптической системы являются одним из определяющих факторов, влияющих на характеристики полученных электронных сгустков и, как следствие, эффективность ускорения.

Для описания оптической системы была построена математическая модель, учитывающая оптические потери и неточность юстировки зеркал. Недостаточная точность изготовления элементов оптической схемы приводит к снижению коэффициента трансформации энергии до 4,4 (предельно достижимое значение коэффициента трансформации в четырехсгустковой схеме равно 8), тем самым, порождая уменьшение эффективности многосгустковой схемы кильватерного ускорения.

Корректировку соотношений интенсивностей лазерных импульсов, в случае, когда они отличаются от “идеальных”, для максимизации коэффициента трансформации можно провести двумя способами:

- с помощью изменения параметров частично прозрачных зеркал;
- с помощью изменений расстояний между оптическими элементами схемы.

Последний способ корректировки предпочтительнее с технической точки зрения, поскольку не требует замены оптических элементов, хотя по эффективности несколько уступает первому (R_1=7,4; R_2=7,2). По этой причине целесообразно изготовить зеркала с параметрами, максимально близкими к требуемым для эксперимента, а затем проводить корректировку расстояний, что позволяет поднять коэффициент трансформации до 7,9.

Также рассмотрена усовершенствованная схема оптического делителя. Показано, что введение в исходную схему дополнительных стеклянных фильтров позволяет подстраивать величину коэффициента трансформации в процессе работы кильватерного ускорителя, что невозможно при обычной схеме оптического деления.

УДК 539.1.01

Описание протон-(анти)протонных столкновений с помощью модифицированной модели мультипомеронного обмена

Деркач Денис Александрович
Научный руководитель: Феофилов Григорий Александрович, вед. н. с. НИИ физики СПбГУ

Для описания протон-протонных и протон антипротонных столкновений используется модель мультипомеронного обмена. Классическая основная формула этой модели [1]:

$$\frac{dN}{d^2 p_T} = \sum_n w_n P(n, N_{ch}) g(p_t)$$

Здесь w_n - нормированное поперечное сечение одновременной продукции n гребёнок померонов (n-pomeron showers), $P(n;k)$ - вероятность распада n струн со средней множественностью k, $g(p_T, n)$ - распределение по поперечному импульсу частиц, вылетающих из одной струны. Как известно из топологического разложения диаграмм рождения частиц в мягкой области спектра ($p_T < 2$ GeV/c) померон может быть представлен в виде двух струн. Эти струны образовываются в результате взаимодействия партонов двух систем [2]. В образовании струн участвуют валентные кварки и дикварки, а также морские кварки и антикварки. Первоначально считалось, что струны, образованные в одном столкновении, не «знают» о существовании друг друга. Позднее была высказана гипотеза, в которой струны взаимодействуют друг с другом [3].

В данном докладе предлагается способ эффективного учёта взаимодействия струн в рамках модифицированной модели мультипомеронного обмена. Для этого вводится параметр β, который отвечает за проявление возможных коллективных эффектов при фрагментации.

Для выяснения зависимости параметра β от энергии были использованы экспериментальные данные по p_t-n-корреляциям для энергий центра масс от 17 до 1800 ГэВ, получено гладкое поведение от энергии.

Также были вычислены зависимости средней множественности частиц и среднего поперечного импульса от энергии. Получено хорошее согласие с экспериментальными данными.

В докладе приводятся теоретические расчеты наблюдаемых величин для протон-протонных столкновений в эксперименте ALICE LHC.

[1] V. A. Abramovskii, V. N. Gribov and O. V. Kancheli Sov. J. Nucl. Phys. Vol.18 No.3 March 1974 308
[2] A. Capella, U. P. Sukhatme, C.-I. Tan and J. Tran Thanh Van, Phys. Lett. 81B (1979) 68
[3] M. A. Braun and C. Pajares, Phys. Lett. 287B (1992) 154

УДК 539.1.01

Образование тяжёлых кварков на LHC и Tevatron. Моделирование BFKL эффектов с помощью Монте-Карло генератора HARDPING

Гребенюк Анастасия Олеговна

Научный руководитель: Ким Виктор Тимофеевич, д. ф.-м. н., ПИЯФ РАН

Представлены результаты моделирования образования *c*- и *b*-кварков в реакциях $p + \overline{p} \to q + X$ при энергиях Теватрона (Fnal) и $p + p \to q + X$ при энергиях LHC (CERN). При высоких энергиях сталкивающихся адронов рождение даже тяжёлых ароматов начинается при очень малых *x,* где, как известно, среди партонов нуклона доминируют глюоны. Глюонные распределения нуклона при малых *x* описываются уравнениями Балицкого-Фадина-Кураева-Липатова (BFKL). Рождение *c*- и *b*- кварков ведёт к образованию *D*- и *B*-мезонов соответственно. Кинематические распределения и сечения образования *D*- и *B*-мезонов можно изучать, детектируя мюоны от их слабых распадов. В данной работе именно эти процессы и моделировались с использоваием Монте Карло генераторов PYTHIA и её модификации HARDPING 1.13 с включёнными BFKL партонными ливнями. Произведено сравнение мюонных распределений, полученных этими двумя генераторами и показано, что HARDPING даёт заметно больше событий по сравнению с PYTHIA при p_T больших 1 ГэВ/с. При $p_T \approx 15$ ГэВ/с эффект достигает 100%.

Торможение релятивистских тяжелых ионов в веществе

Кузьминчук Наталья Александровна

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук., профессор Пивоваров Юрий Леонидович
кафедра теоретической и экспериментальной физики, Томский политехнический университет

Целью данной работы является исследование поведения средних ионизационных потерь энергии релятивистских тяжелых ионов в твердых телах с учетом различных поправок: эффекта плотности, поправки Блоха, Мотта и поправки Линдхарда – Соренсена, а также вклада в полные потери энергии за счет механизма рождения электрон - позитронных пар.

Актуальность данной работы обусловлена фундаментальными проблемами современной физики взаимодействия релятивистских тяжелых ионов с веществом в новой области энергий, также различными прикладными аспектами.

Основные типы взаимодействия заряженных частиц с веществом - это ионизация и возбуждение атомов вещества. Для релятивистских частиц следует также учитывать потери энергии на тормозное излучение и рождение электрон-позитронных пар.

Рассмотрим потери энергии для “тяжелых” частиц. Следуя Бете-Блоху, средние потери энергии на единицу пути *dx* даются соотношением [1]:

$$-\frac{dE}{dx} = 4\pi N_a r_e^2 m_e c^2 z^2 \frac{Z}{A}\frac{1}{\beta^2}[\ln\frac{2m_e c^2\gamma^2\beta^2}{I} - \beta^2 - \frac{\delta}{2}] \qquad (1)$$

Довольно быстро было замечено, что необходимы поправки к формуле Бете (1), чтобы точно описать экспериментальные данные.

При релятивистских энергиях частиц поперечные размеры их электромагнитного поля могут принимать макроскопические размеры. Для таких (далеких) столкновений необходимо принимать во внимание экранирование электрического поля пролетающей частицы атомами среды. Чем больше скорость частицы, тем больше поправка к потерям энергии за счет эффекта поляризации среды. В результате тормозная способность в релятивистской области энергий с увеличением энергии частицы возрастает незначительно и стремится к постоянному значению при ультрарелятивистских энергиях. Поправка Мотта - учитывает спин электрона при рассеянии на ядре на точечном ядре. В случае больших зарядов ядер сечение рассеяния в борновском приближении существенно отличается от точного сечения рассеяния. Различие моттовского сечения и сечения, вычисленного в первом приближении Борна, и приводит к поправке Мотта в dE/dx.

Для вычисления средних потерь энергии релятивистских тяжелых ионов на единицу длины следует использовать формулу Бете – Блоха с поправками: поправка Мотта и Блоха – при умеренно релятивистских энергиях, поправка на плотность и поправка Линдхарда - Соренсена на конечный размер ядра-снаряда - при высоких энергиях. Поправка на плотность и поправка Линдхарда - Соренсена подтверждены (экспериментально) при ультрарелятивистских энергиях. Недавние эксперименты в CERN на пучке 160 ГэВ/нуклон ядер Pb [2] подтверждают этот новый эффект в ионизационных потерях энергии тяжелых ионов [3]. Сравнение с экспериментальными данными дано на рисунке 1.

Разработана программа и проведены расчеты поправок к характеристикам ионизационных потерь энергии (рис .2). При высоких энергиях рассчитаны поправки к средним ионизационным потерям энергии, учитывающие эффект плотности и вклад от рождения электрон – позитронных пар. Программа разработана на FORTRAN (MS FORTRAN POWER STATION 4.0) и будет использована для модификации компьютерных кодов, используемых при подготовке экспериментов и анализе данных в ГСИ, Дармштадт (GSI, Darmstadt) группой Г.Гейссель и К.Шейденбергер, в рамках соглашения о коллаборации ТПУ – ГСИ, 2005-2010 гг.

Список использованных источников:

1. К.Группен, Детекторы элементарных частиц, Сибирский хронограф,1999.
2. S. Datz et. al., Phys.Rev.Lett.77, 2925 (1996).
3. .J. Lindhard, A.H. Sorensen, Phys. Rev. A53, 2443 (1996).

Исследование остаточной радиоактивности в поглотителе установки SHIP

Жадамбаа Хуягбаатар
Научные руководители:
Ю.Н. Новиков, д-р. физ.-мат. наук, профессор СПбГУ,
С. Хофманн, профессор, ГСИ (Дармштадт, ФРГ)

С целью изучения интенсивности образования высокоспиновых состояний в реакциях с тяжёлыми ионами и проверки кинематических особенностей сепаратора SHIP (Separator of Heavy Ion Products), действующего в научном центре ГСИ (Дармштадт), проведено исследование остаточной активности в поглотителе этой установки, накопленной за 20 лет её работы.

Установка SHIP является важным звеном для синтеза сверхтяжелых элементов (СТЭ) Периодической системы , которые получаются в результате реакции “холодного” слияния [1]. Для реализации “холодного” слияния обычно используются в качестве налетающего иона средние по массе нейтронно-избыточные ядра, в качестве же мишени - магические ядра ^{208}Pb и ^{209}Bi. SHIP-сепаратор состоит из квадрупольных магнитов и электрических диполей, которые создают перпендикулярные магнитное и электрическое поля. Тяжелые ионы, которые прошли через мишень без взаимодействия, отклоняются сепаратором и останавливаются в поглотителе, который состоит из 4-х частей и сделан из меди. После столкновения тяжелых ионов с веществом поглотителя образуется множество β-радиоактивных ядер. Эти ядра претерпевают цепочку β-распадов, заселяя долгоживушие радиоактивные ядра в основных и изомерных состояниях.

В данной работе исследовалось излучение поглотителя с использованием γ-спектрометрии: двух HPGe-детекторов, один из которых был предназначен для регистрации низко-энергетичных фотонов. Идентификация радиоактивного изотопа проводилась по совпадению X-излучения с γ-излучением. Были идентифицированы [2] 14 радиоактивных нуклидов, таких как ^{22}Na, ^{54}Mn, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{75}Se, ^{83}Rb, ^{101}Rh, ^{102m}Rh, ^{113}Sn, ^{133}Ba, ^{143}Pm, ^{145}Pm, ^{145}Sm, и среди них высокоспиновый изомер ^{102m}Rh (I=6). Наиболее тяжелые ядра регистрировались только в одном из четырёх сегментов поглотителя, что соответствует принципу работы SHIP как селектора скоростей. Сделаны некоторые предположения о типах реакций, в результате которых были получены нуклиды. Легкие ядра до ^{83}Rb, видимо, были получены из реакции передачи нуклонов. Например, ^{60}Co мог образоваться в результате реакции $^{48}Ca+^{63}Cu\rightarrow^{60}Co+^{51}Ti$ с обменом 1n и 2p. Наиболее тяжелые ядра могли синтезироваться в результате реакции "слияние-испарение". Например, ^{145}Sm образовался в результате следующих реакций: $^{86}Kr+^{63}Cu\rightarrow^{145}Tb^{*}+4n$ или 1p+3n и 2n+2p с последующими β-распадами.

Результаты исследований показали, что в условиях экспериментов на установке SHIP высокоспиновые состояния образуются с хорошей интенсивностью. Этот вывод является важным в предверии опытов по поиску К-изомеров сверхтяжёлых элементов. Наши результаты подтвердили также пространственное сегментирование остаточных продуктов в поглотителе в зависимости от их массовых чисел, что отвечает принципам работы установки.

[1] S. Hofmann and G. Münzenberg, Rev. Mod. Phys, **72**, 733 (2000).

[2] J. Khuyagbaatar, The report at the international summer students program at GSI, Darmstadt, Germany, 2005.

Т. Заседание секции

"Прикладные математика и физика"

Аудитория 210
3 ноября 2005 года, четверг, 12:30

Обработка МРТ изображений с помощью вейвлет преобразований

Зубков Михаил Александрович

Научный руководитель: Фролов Вячеслав Вячеславович, канд. физ.-мат. наук, доцент физического факультета СПбГУ

Введение.

В магнитно-резонансной томографии важно получить изображение приемлемого качества, при минимальных временах наблюдения. Одним из способов получения требуемого качества изображения при минимальном числе повторений эксперимента или максимального качества изображения при постоянном числе повторений является послеэкспериментальная математическая обработка данных. Одним из способов такой обработки является использование вейвлет преобразований.

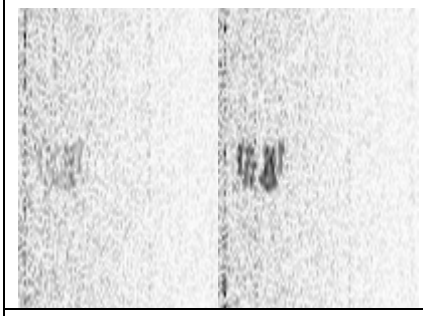
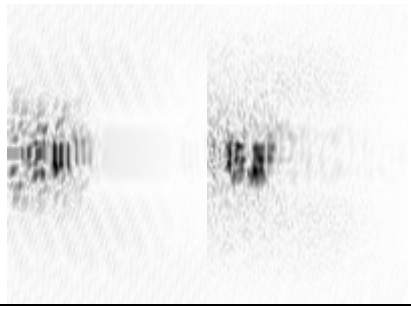
Вейвлеты.

Вейвлеты – это название для целого класса функций, имеющих форму небольших волновых пакетов, локализованных (в основном) во временном и частотном представлениях, и образующих базис в L^2. Как показано в теоретических исследованиях, любой сигнал может быть разложен по вейвлет базисам с коэффициентами, вычисляемыми как скалярное произведение сигнала на соответствующую вейвлет функцию.

Вейвлеты и, соответственно, вейвлет-преобразования широко используются для очистки сигнала от шума. Очистка производится путем разложения сигнала по вейвлет базису, затем ограничению вейвлет коэффициентов (здесь существуют различные методы), а затем - восстановлению сигнала из коэффициентов путем обратного вейвлет-преобразования.

Применение в МРТ.

Для изучения эффективности метода, на магнитно-резонансном томографе в слабом поле было получено несколько различных матриц данных с различным значением соотношения сигнал/шум. Для изменения этого параметра для получения каждой матрицы использовалось различное число повторений эксперимента. Данные подвергались описанной процедуре очистки сигнала с помощью вейвлет преобразования, после чего путём двумерного Фурье преобразования из матрицы получалось изображение (проекция ядерной намагниченности образца на выбранную плоскость).

	
Исходные изображения.	Изображения после применения вейвлет-очистки.

Заключение.

При применении алгоритма к изображениям с малым соотношением сигнал/шум из за высокого шумового порога была потеряна внутренняя структура объекта, однако для изображений с чуть более высоким значением параметра алгоритм показал хорошие результаты по выделению полезной составляющей сигнала, сохраняя информацию о внутренней структуре объекта.

Исследование транспорта электрического заряда в локальном микро-контакте «металл - проводящая жидкость».

Баранова Екатерина Андреевна

Научный руководитель: Голубок Александр Олегович, д-р физ.-мат. наук, зам. дир. по научной работе Института аналитического приборостроения РАН (ИАнП РАН)

Целью данной работы было исследование транспорта электрического заряда в локальном микро-контакте (МК) «металл - проводящая жидкость». В процессе решения этой задачи была разработана теоретическая модель контакта, в рамках которой проведена оценка основных параметров МК; создана экспериментальная установка; получены экспериментальные результаты и проведено их сравнение с теоретической оценкой.

Основной интерес для работы представляло исследование неравновесных процессов, происходящих при прохождении тока в контакте «металл – жидкость»; оно имеет как фундаментальное, так и прикладное значение.

Исследование переходных процессов проводилось с использованием функциональных узлов приборов сканирующей туннельной микроскопии (СТМ); в частности использовался нано-зонд размерами порядка 1000 Ангстрем и управляющий его положением в пространстве пьезокерамический подвес. Система обратной связи позволяла компенсировать внешние помехи; что позволило стабилизировать параметры МК, а меняя величину зафиксированного тока, мы получили возможность варьировать площадь контакта. В качестве электропроводящей среды в эксперименте использовался раствор простейшего электролита (в частности, NaCl) и вода. Основной интерес в работе представляла реакция исследуемого микро-контакта на подаваемое переменное напряжение известной формы (ступеньку, меандр и т.п.).

Полученные в ходе эксперимента характерные вольт-амперные характеристики позволили составить для данного микроконтакта эквивалентную схему замещения электрохимической ячейки, включающую в себя как активную, так и реактивную (индуктивную, емкостную) составляющие полного сопротивления. Отмечу, экспериментальные результаты показали, что в данном случае порядок вклада кинетической индуктивности равен порядку вклада геометрической составляющей, поэтому им нельзя пренебречь (вкладом кинетической индуктивности обычно пренебрегают в случае, если речь идет об электронном транспорте заряда).

Полученные в результате эксперимента данные были обработаны, в результате чего было принято решение о том, что стоит продолжить исследования в данной области.

1. Г.Бинниг, Г.Рорер, Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности, перевод на рус.: Издательство Наука, В.Г.Терзиева, Успехи физических наук, февраль 1988 года, том 154, выпуск 2, стр. 261 - 278 (перевод Нобелевской лекции Биннига и Рорера Scanning Tunneling Microscopy - From Birth To Adolescence, Rev.Mod.Phys, 1987, vol. 59, p. 615 - 625).

2. А.И.Данилов, Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия и электрохимия поверхности, Успехи химии, 64 (8), 1995, стр. 818 - 833.

3. U. Durig, D. W. Pohl, F. Rohner, Near-field optical-scanning microscopy, Appl. Phys, 59 (10), 1986. 3318-3327.

4. В.С. Багоцкий, Основы электрохимии, Москва, Химия, 1988.

5. A.O. Golubok, Laboratory of scanning Probe Microscopy and Spectroscopy at IAI RAS, Nauchnoe priborostroenie (Institute for Analytical Instrumentation of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg), Vol. 12, No. 4, October-December 2002.

Влияние размеров межэлектродного промежутка на кинематику электрогидродинамических течений

Дерновский Вячеслав Львович

Научный руководитель: Стишков Юрий Константинович, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета СПбГУ

В настоящей работе предпринята попытка объяснения причин зависимости эффективности электрогидродинамическкого (далее ЭГД) преобразования от размеров межэлектродного промежутка (далее МЭП) путем численного моделирования ЭГД-течений в системе электродов провод над плоскостью. В предыдущих работах по этой тематике был предложен алгоритм моделирования ЭГД течений методом конечных элементов в пакете моделирования ANSYS. На основе этих моделей и результатов эксперимента выявлена зонная структура ЭГД-течений. Алгоритм моделирования основан на последовательном решении двух задач – электрической и гидродинамической. В первой задаче определяются распределения электрического поля и плотности электрических сил, при заданных напряжении и распределении объемного заряда. Во второй по заданному распределению электрических сил вычислялось распределение скоростей и давления при течении. При этом предполагается, что ионы «вморожены» в жидкость.

Авторами было проведено численное моделирование ЭГД-течений в широком диапазоне межэлектродных расстояний, получена зависимость максимальной скорости в центральной струе ЭГД-течения от размера МЭП, при постоянном напряжении. Результаты численных экспериментов хорошо соответствуют ранее проведенным натурным экспериментам. Зависимость можно разбить на две части: аномальную область малых МЭП, и нормальную область. В нормальной области спад скорости обусловлен падением средней напряженности электрического поля, при увеличении длины МЭП, а в аномальной, спад скорости происходит на фоне роста средней напряженности поля. Для малых межэлектродных расстояний зоны ускорения и торможения перекрываются, что приводит к уменьшению эффективности ЭГД-преобразования. А при увеличении межэлектродного промежутка, зоны ускорения и торможения отдаляются друг от друга.

Влияние приэлектродных зон на кинематику ЭГД-течения при малых межэлектродных расстояниях объясняется характером распределения давлений. Давление на большей части промежутка постоянно. Имеются лишь локальные области пониженного (у активного электрода) и повышенного давления у плоского электрода. Местоположение максимума ускорения определяется структурой приэлектродной зоны пониженного давления и ее размерами. В свою очередь, эта структура определяется размерами и характером обтекания цилиндрического электрода и не связана с размерами МЭП. Преобразование электрической энергии в кинетическую происходит на протяжении всей зоны ускорения. При малых размерах МЭП, когда зоны ускорения и торможения перекрываются, степень этого преобразования оказывается ниже, несмотря на рост электрических сил.

Предложенная физическая модель ЭГД-течения позволяет рассчитывать поля скоростей ЭГД течения при различных межэлектродных расстояниях, описать и объяснить особенности ЭГД-течений в малых промежутках. Показано, что при малых расстояниях между электродами на кинематику ЭГД-течения значительное влияние оказывает перекрытие заряженных приэлектродных зон повышенного и пониженного давления. Описан механизм снижения эффективности ЭГД-преобразования при малых МЭП и оценен пороговый размер МЭП, в котором возможно возникновение ЭГД-течений в трансформаторном масле. При конструировании ЭГД-устройств необходимо учитывать описанную зонную структуру ЭГД-течений и наличие приэлектродных зон пониженного давления.

Численное решение задачи о прохождении тока через электроды с учетом Джоулева нагрева

Бугаёв Владимир Алексеевич

Научный руководитель: Павлейно Михаил Анатольевич, к.ф.-м.н. доцент физического факультета СПбГУ

В данной работе решается задача расчета процесса прохождения электрического тока через контакт двух проводников, которые приведены в соприкосновение путем приложения к ним внешней силы. Строгое решение подобной задачи в случае произвольной геометрии и нелинейных свойств материала проводников едва ли возможно. Поэтому зачастую численное моделирование является единственным методом решения.

Сама по себе задача о нахождении контактных точек является очень сложной, так как места контакта заранее неизвестны, а решение происходит итерационно. К тому же рассматриваемая модель усложнена необходимостью решения совместной термоэлектрической задачи.

Для решения данной задачи применяется пакет численного моделирования Ansys, основанный на методе конечно-элементного моделирования.

Была написана программа на языке APDL, которая позволяет рассчитывать механические параметры контакта. В качестве тестовой была выбрана задача о вдавливания шара в металлическую поверхность, аналитическое решение которой приведено в [1]. Результаты совпали с достаточной степенью точности. Это позволяет стоить решения для объектов с более сложной геометрией.

На следующем этапе рассматривалась задача о прохождении тока через контакты с учетом нагрева. В пакете Ansys существует много возможностей для имитации реального контакта. В частности есть параметр, отвечающий за задание переходного сопротивления. Переходное сопротивление появляется из-за пленок потускнения на поверхности металлов. Очевидно, что оно зависти от локального давления и температуры. В пакете есть возможность задания этого параметра, как функции давления и температуры. Задавая энтальпию, можно решать задачи с фазовым переходом, то есть рассматривать плавление места контакта при пропускании больших токов.

Термоэлектроконтактная задача была решена для случая контактов двух конусообразных электродов. В результате были получены контурные графики, показывающие распределение температуры, плотности тока, механического напряжения и других необходимых величин.

Литература:

Хольм Р. *Электрические контакты*. - М., Иностранная литература, 1961

УДК 535.241

Анализ акустооптического взаимодействия в ячейках с преобразователями в виде фазированной решетки излучателей

Вострикова Анна Николаевна

Научный руководитель:
Балакший Владимир Иванович, д.ф.-м.н., профессор физического факультета МГУ

Взаимодействие света с ультразвуком представляет большой интерес для исследователей как с точки зрения фундаментальной физики, так и применения этого явления в технике. Акустооптические модуляторы, фильтры и дефлекторы активно используются в оптике и спектроскопии, оптоэлектронике, в лазерной физике и технике. Акустооптические устройства позволяют управлять амплитудой, частотой, поляризацией, спектральным составом светового сигнала и направлением распространения светового луча.

Важной областью практического применения акустооптического эффекта являются системы оптической обработки информации, преимущество которых заключается в обработке сигналов в реальном масштабе времени. Информационная емкость таких систем зависит в первую очередь от абсолютной полосы частот АО брэгговской ячейки. Проблема создания широкополосных брэгговских ячеек может быть разделена на три задачи: 1) выполнение брэгговского соотношения в заданном диапазоне частот, 2) генерация акустических колебаний в требуемой полосе, 3) обеспечение в этой полосе электрического согласования пьезопреобразователя с генератором. Следует заметить, что все эти проблемы должны решаться совместно и невыполнение хотя бы одного из этих условий приведет к неудовлетворительной работе ячейки.

В настоящей работе анализируется возможность частотного диапазона ячеек с помощью пьезопреобразователей в виде фазированной решетки излучателей. Такие пьезопреобразователи возбуждают сканирующие акустические волны, позволяющие осуществлять автоподстройку фронта звуковой волны под угол Брэгга в требуемой полосе частот.

Изготовление преобразователей в виде фазированной решетки излучателей с использованием современных технологий не представляет больших трудностей. Создается преобразователь с противофазным возбуждением соседних элементов. При этом все секции электрически оказываются включены последовательно, что облегчает задачу согласования преобразователя с генератором на высоких частотах. Однако исследование дифракции усложняется, так как акустическое поле уже нельзя считать однородным, как в классической постановке дифракционной задачи. При изменении частоты ультразвука происходит поворот акустического волнового фронта, что изменяет смысл понятия угла Брэгга. Появляется зависимость эффективности взаимодействия от структуры преобразователя.

В работе был проведен анализ акустооптического взаимодействия в таких ячейках в анизотропных средах. Установлены зависимости между основными характеристиками дифракции и параметрами преобразователя, количеством излучателей и размерами между ними. Рассмотрены вопросы о практическом использовании таких ячеек, их преимуществах и недостатках.

Авторский указатель участников конференции

1	Ivanova Yana	P-07
2	Lunev Arseny	M-06
3	Martchenko Ilya	M-01, M-07
4	Rusanov Artem	M-09
5	Uskov Andrey	M-04
6	Valkovsky Mikhail	M-03, M-08
7	Wang Jue	P-08
8	Yamshchikov Ivan	M-02
9	Zhelezov Dmitry	M-05
10	Абрамкин Дмитрий Александрович	P-01
11	Алексеев Дмитрий Сергеевич	O-01
12	Алиханов Ибрагим Алиевич	S-01
13	Бадьина Алия Федоровна	N-01
14	Бажанов Антон Андреевич	O-02
15	Байтуха Алиби Женатович	H-02
16	Балуев Роман Владимирович	O-03
17	Баранова Екатерина Андреевна	T-02
18	Батурин Станислав Сергеевич	R-08
19	Белоглазова Светлана Владимировна	E-05
20	Беляев Николай Викторович	D-06
21	Богданов Андрей Александрович	G-01
22	Боричев Александр Владимирович	G-02
23	Брыкалова Ксения Олеговна	P-02
24	Бугаев Владимир Алексеевич	T-04
25	Будник Алексей Игоревич	O-22
26	Булычева Анна Александровна	C-01
27	Быков Николай Александрович	P-03
28	Валиневич Павел Анатольевич	I-03, N-02
29	Васильев Николай Львович	O-04
30	Висман Михаил Борисович	F-01
31	Воинов Александр Сергеевич	Q-01
32	Волков Михаил Валериевич	R-03
33	Вострикова Анна Николаевна	T-05
34	Вулфс Татьяна Олгертовна	S-02
35	Геннадьев Николай Александрович	P-04
36	Глущенко Пётр Владимирович	Q-02
37	Головко Ольга Алексеевна	R-06
38	Голуненко Максим Михайлович	G-03
39	Гольдин Павел Борисович	N-03
40	Горбань Дарья Александровна	S-03
41	Гребенюк Анастасия Олеговна	S-05
42	Грушина Наталья В	P-05
43	Губарев Александр Сергеевич	D-02
44	Дементьев Андрей Викторович	O-05
45	Дементьев Петр Александрович	F-02
46	Деркач Денис Александрович	S-04
47	Дерновский Вячеслав Львович	T-03
48	Джалалова Ирина Александровна	P-06
49	Добрун Лилия Александровна	G-04
50	Дрибинский Борис Аркадьевич	G-03, H-06
51	Дятел Елена Васильевна	D-01
52	Ершов Дмитрий Сергеевич	H-01
53	Завьялов Николай Николаевич	E-10
54	Загребин Михаил Александрович	F-03
55	Задворкина Татьяна Викторовна	G-10
56	Зайцева И И	D-02
57	Зарядов Юрий Алексеевич	Q-01
58	Захаров Евгений Осипович	O-06
59	Захаров Михаил Юрьевич	E-09
60	Зонов Илья Сергеевич	P-01
61	Зубков Михаил Александрович	T-01
62	Иванов Александр Вячеславович	G-05
63	Иванов Всеволод Владимирович	K
64	Иванов Никита Александрович	O-07
65	Кадочников Михаил Алексеевич	E-08
66	Кашкаров Максим Александрович	P-09
67	Керницкий Игорь Богданович	E-06
68	Кириленко Демид Александрович	L-01
69	Кириленко Мария Сергеевна	B-05
70	Князев Григорий Алексеевич	P-10
71	Князева Ирина Сергеевна	N-04 (Q-05)
72	Кожакина Ирина Федоровна	F-04
73	Кожедуб Юрий Сергеевич	R-07
74	Козельская Анна Ивановна	F-07
75	Коровинский Даниил Борисович	O-08
76	Короткова Юлия Владимировна	E-03
77	Котина Ирина Леонидовна	G-06
78	Кочеров Андрей Валерьевич	O-09
79	Кудин Александр Николаевич	O-10
80	Кудрявцева Татьяна Михайловна	G-07
81	Кузнецов Александр Михайлович	N-07
82	Кузьминчук Наталья Александровна	S-06
83	Кузянова Екатерина Викторовна	P-11
84	Куперин Юрий Александрович	J
85	Кытманов Антон Валерьевич	L-04, R-02
86	Лаврентьев Владимир Федорович	E-12
87	Лазаренко Дмитрий Михайлович	F-05
88	Левантовский Александр Александрович	E-07
89	Лемешев Виктор Сергеевич	O-11
90	Лисняк Марина Владимировна	Q-03
91	Лобанов Юрий Сергеевич	N-05
92	Луковкина Дарья Дмитриевна	P-12
93	Лутиков Михаил Владимирович	G-08
94	Майорова Анна Владимировна	R-09
95	Манучарова Татьяна Юрьевна	O-12
96	Матвеева Ирина Николаевна	H-02
97	Матвеева Ольга Андреевна	E-06
98	Мельников Павел Анатольевич	E-01
99	Меркулова Ольга Алексеевна	O-13
100	Мильченко Юрий Анатольевич	O-14
101	Могучева Юлия Геннадьевна	G-09, G-10
102	Мошнина Ирина Алексеевна	C-02
103	Муртазина Татьяна Михайловна	H-05
104	Мухин Дмитрий Алексеевич	D-05

105	Нестеренко Роман Сергеевич	O-15
106	Нечаев Александр Васильевич	N-06
107	Николаев Петр Олегович	B-04
108	Никулина Елена Александровна	L-02
109	Носова Ольга Владимировна	G-09, G-10
110	Орешников Андрей Владимирович	D-04
111	Осокин Андрей Георгиевич	O-16
112	Павлова Марина Владимировна	P-13
113	Панин Алексей Олегович	L-03
114	Паршина Виктория Львовна	E-11
115	Перевязко И Ю	G-11
116	Петрушенко Иван Николаевич	Q-04
117	Подузов Сергей Валерьевич	N-07
118	Полякова Елена Игоревна	P-14
119	Попов Дмитрий Валериевич	C-04
120	Пригоровский Александр Владимирович	R-10
121	Раздольский Илья Эрнстович	C-03
122	Резикян Арам Григорович	L-06
123	Рыбкин Артем Геннадиевич	C-06
124	Рябцева Мария Александровна	C-01
125	Рясиченко Павел Дмитриевич	R-01
126	Сеньковский Борис Владимирович	C-05
127	Сердитов Константин Юрьевич	E-02
128	Сердобинцева Анастасия Павловна	P-15
129	Сивков Данил Викторович	L-05
130	Сидорова Лариса Владимировна	P-16
131	Смирнова Татьяна Сергеевна	O-17
132	Соколов Андрей Александрович	F-06
133	Сурменев Роман Анатольевич	F-07
134	Тамбовцев Кирилл Сергеевич	D-03
135	Треногин Андрей Викторович	H-03
136	Тронько Наталия Юрьевна	I-01
137	Трофимов Дмитрий Александрович	O-18
138	Трушкова Ульяна Витальевна	P-17
139	Умрихин Иван Сергеевич.	P-18
140	Усачёв Дмитрий Юрьевич	C-04
141	Федотов Александр Юрьевич	N-08 (Q-06)
142	Федотов Владимир Григорьевич	B-03
143	Фетисов Сергей Анатольевич	O-19
144	Хилькевич Наталья Валерьевна	P-19
145	Хлябич Петр Петрович	G-12
146	Хомченко Н В	P-20
147	Хоронжук Роман Сергеевич	L-03
148	Хуягбаатар Жадамбаа	S-07
149	Череватова Анна Николаевна	P-21
150	Чирков Владимир Александрович	B-06
151	Шалагинов Евгений Алексеевич	N-09 (Q-07)
152	Шапиро Анна Владимировна	O-20
153	Шапошников Александр Михайлович	B-02
154	Шарапов Андрей Ренатович	B-01
155	Шарков Иван Георгиевич	L-08
156	Шарова Ирина Сергеевна	L-07
157	Шатрова Евгения Фотеевна	E-04
158	Шебаршин Алексей Васильевич	H-04
159	Шестакова Ксения Юрьевна	N-10
160	Шибаев Дмитрий Валерьевич	R-05
161	Шибинский Николай Анатольевич	F-08
162	Шикин Александр Михайлович	A
163	Шувалов Виктор Михайлович	P-22
164	Яковицкая Ирина Викторовна	O-21
165	Яковлев Александр Сергеевич	I-02
166	Яцышин Петр Игоревич	R-04